مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المنظمة العربية للترجمة

جوزيف تان

تقانات جديدة لتطوير الرعاية الصحية والتطبيقات السريرية

ترجمة

د. يمن الأتاسي



سلسلة كتب التقنيات الاستراتيجية والمتقدّمة

تقانات جديدة لتطوير الرعاية
الصحية والتطبيقات السريرية

المنظمة العربية للترجمة

جوزيف تان

تقانات جديدة لتطوير الرعاية الصحية والتطبيقات السريرية

ترجمة

د. يمن الأتاسي

مراجعة

محمد خليل

توزيع: **مركز دراسات الوحدة العربية**

الفهرسة أثناء النشر - إعداد المنظمة العربية للترجمة
تان، جوزيف
تقانات جديدة لتطوير الرعاية الصحية والتطبيقات السريرية/ جوزيف تان؛ ترجمة يمن الأتاسي؛ مراجعة محمد خليل.
928 ص. - (تقنيات استراتيجية ومتقدمة - الطب والصحة؛ 1)
ببليوغرافيا: 845 - 918.
يشتمل على فهرس.
ISBN 978-614-434-009-7
1. الطب - أجهزة. 2. التكنولوجيا الطبية. أ. العنوان. ب. الأتاسي، يمن (مترجم). ج. خليل، محمد (مراجع). د. السلسلة.
651.504

«الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبّر بالضرورة
عن اتجاهات تتبناها المنظمة العربية للترجمة»



المنظمة العربية للترجمة
بناية «بيت النهضة»، شارع البصرة، ص. ب: 5996 - 113
الحمراء - بيروت 2090 1103 - لبنان
هاتف: 753031 - 753024 (9611) / فاكس: 753032 (9611)
e-mail: info@aot.org.lb - Website: http://www.aot.org.lb

توزيع: **مركز دراسات الوحدة العربية**
بناية «بيت النهضة»، شارع البصرة، ص. ب: 6001 - 113
الحمراء - بيروت 2407 2034 - لبنان
تلفون: 750084 - 750085 - 750086 (9611)
برقياً: «مرعربي» - بيروت / فاكس: 750088 (9611)
e-mail: info@caus.org.lb - Website: http://www.caus.org.lb

الطبعة الأولى: بيروت، نيسان (أبريل) 2013

المحتويات

الفصل الحادي عشر

الفصل الثاني عشر

الفصل الثالث عشر

الفصل الرابع عشر

الفصل الخامس عشر

المحتوى مفصلاً

رودني ل. لونغ، المكتبة الوطنية في الطب NIH**، الولايات المتحدة الأميركية**

سمير أنتاني، المكتبة الوطنية في الطب NIH**، الولايات المتحدة الأميركية**

جورج ر. توما، المكتبة الوطنية في الطب NIH**، الولايات المتحدة الأميركية**

توماس م. ديسرنو، جامعة آخن RWTH**، ألمانيا**

لقد جرى اقتراح تقانة استرجاع الصورة على أساس المحتوى (Content Based Image Retrieval) (CBIR) ليس لفائدة إدارة المجموعات ذات السعات المتزايدة من الصور الطبية فقط، ولكن أيضاً للمساعدة في الرعاية السريرية، والأبحاث الطبية الحيوية، والتعليم. لقد استنتجنا، استناداً إلى استعراضٍ للأدبيات، أنّ هناك حماساً واسعَ النطاق لتقانة استرجاع الصورة على أساس المحتوى بين مجموعات الأبحاث الهندسية، ولكن ما تزال تطبيقات هذه التقانة في حل مشاكل طبيةٍ عمليةٍ هدفاً علينا السعي لتحقيقه. علاوة على ذلك، فإننا نسلط الضوء على الثغرات بين الوظائف المرجوّة من نظم استرجاع الصورة على أساس المحتوى، وما جرى إنجازه حتى تاريخه، ونعرض تحليلاً مُقارناً بين أربعة من أحدث التطبيقات في استرجاع الصورة على أساس المحتوى، معتمدين مُقاربة الثغرات للتوضيح، ومقترحين أنّ الأولوية تكمن في سد الثغرات في واجهات CBIR ووظائفه التي تخدم بأسلوب أفضل مجتمعات الأبحاث السريرية والطبية الحيوية.

يعتمد تقييم نجاح أنظمة دعم القرار المُساعَدة حاسوبياً على توافر مرجع معياري موثوق، أي حقيقة أساسيّة. يُتوقع أن ينتج المعيار الذهبي من تأشير الصور موضع الاهتمام وتسميتها وتقييمها من قبل الخبراء في المجال. ولكن غالباً ما لا يتفق الخبراء، ويمثل عدم الاتفاق هذا تحدياً أمام تطوير وتطوّر التنبؤ بالقَسمات على أساس الصورة "للحقيقة" التي يعرّفها الخبراء. يعالج النقاش التالي نجاح وقصور تطوير نماذج مُساعَدة حاسوبياً لتوصيف العُقَيْدات الرئوية المشكوك فيها على أساس التقييمات التي يعطيها عدد من الخبراء في التصوير الشعاعي. تسعى نماذج التنبؤ هذه لردم الفجوة الدلالية بين الصور من جهة والآراء الوصفيّة ذات المعنى الطبي حول المميزات المرئية للعُقيدات. إنّ المميزات الناتجة للتشخيص المُساعَد حاسوبياً (CADc) قابلة للاستعمال مباشرة في الفهرسة والاسترجاع في أنظمة استرجاع الصور على أساس المحتوى وأنظمة دعم التشخيص المُساعَد حاسوبياً. يرتبط الأداء التنبؤي لنماذج CADc مباشرةً بمدى الاتفاق بين خبراء التصوير الشعاعي؛ تتنبأ النماذج برأي المصورين الشعاعيين على نحو أفضل كلما اتفق هؤلاء في ما بينهم حول مميزات العُقيدات.

أشنيل كيومار، جامعة سيدني، أستراليا
توم وايدونغ كاي، جامعة سيدني، أستراليا
دايفد داغان فنغ، جامعة سيدني، أستراليا وجامعة بوليتكنيك هونغ كونغ، هونغ كونغ

لقد أصبحت بيئات العناية الصحية الحديثة تعتمد اعتماداً متزايداً على التصوير الطبي، وأدى هذا إلى تزايد هائل في عدد الصور المأخوذة ضمن إطار إدارة المرضى. ولقد مكّن الإقحام الحديث للماسحات المتعددة الصيغ من تحقيق قدرات لا سابق لها في تشخيص المرضى. في التصوير المتعدد الصيغ، تُؤخذ صيغتان متتامتان أو أكثر من صيغ التصوير إما على التوالي أو في آن واحد، مثل التصوير الطبقي الوظيفي بانبعاث البوزيترون (Positron Emission Tomography) (PET) مجتمعاً مع التصوير الطبقي المحسوب تشريحياً (Anatomical Computed Tomography) (CT). يمثّل الاسترجاع الدقيق والفاعل للمعلومات المهمّة من معطيات المرضى المتوسعة على نحو متزايد واحداً من أكبر التحديات التي تواجهها التطبيقات التي تحتاج إلى اشتقاق معرفة مجمّعة ومعلومات من هذه الصور، مثل التشخيص على أساس الصورة، والجراحة المُوجهّة بالصورة، ومراقبة تطور المرضى (استجابة المريض للعلاج)، وتدريب الأطباء وتعليمهم، والأبحاث الطبية الحيوية. إنّ استرجاع معطيات صور المرضى على أساس قَسَمات الصورة هو متمّم حديث للاسترجاع على أساس النصّ، ويسمح بجعل معرفة مُجمّعة متوافرةً عبر البحث. لقد حدث نمو محسوس في أبحاث استرجاع الصورة على أساس المحتوى (CBIR) وفي تطبيقاته السريرية. ولكنّ تقانات الاسترجاع الحالية مصممة أساساً للصور الوحيدة الصيغة، وتبقى محدودةً في حالة الصور المتعددة الصيغ، لأنها لا تستثمر المعلومات المتكاملة المتأصّلة في هذه المعطيات استعمالاً كاملاً. مثل التموضع المكاني للشذوذات الوظيفية من PET وعلاقتها بالبُنى التشريحية من CT. يتطلب التصوير المتعدد الصيغ ابتكارات في الخوارزميات والأساليب في جميع مجالات CBIR، بما يشمل استخلاص القَسَمات، والتمثيل والفهرسة وقياس التشابه وتجميع نتائج الاسترجاع المتشابهة وذلك بالإضافة إلى تفاعل المستعمل. سنناقش في هذا الفصل تزايد التصوير

المتعدد الصيغ في الممارسة السريرية، وسنلخّص بعضاً من إنجازاتنا الرائدة في مجال CBIR في العمل مع هذه المعطيات، إضافةً إلى تطبيق محدد في مجال PET-CT بصفته مثالاً، وسنناقش أيضاً التحديات المستقبلية في هذا المجال البازغ المهم جداً.

الفصل الرابع

أغما ج. م. ترينا، جامعة ساو باولو (USP) في ساو كارلوس، البرازيل
كايتانو ترينا، جامعة ساو باولو (USP) في ساو كارلوس، البرازيل
روبسون كورديرو، جامعة ساو باولو (USP) في ساو كارلوس، البرازيل
مارسيلا خافير ريبيرو، جامعة ساو كارلوس الاتحادية، البرازيل
باولو م. آزيفيدو– ماركيز، جامعة ساو باولو (USP) في ريبيرو بريتو، البرازيل

يُناقش هذا الفصل ملامح مفتاحيّة تتعلّق بأداء أنظمة استرجاع الصور على أساس المحتوى (CBIR). تؤدي ما تسمى فجوة الأداء دوراً مهماً في ما يتعلق بقبول المستعملين لأنظمة CBIR. إنها توفر في الوقت المناسب الإجابة عن التساؤل الفعلي حول الدعم الحسابي لأنظمة CBIR التي تؤمّن معالجة الاستعلامات حول التشابه. يشرح هذا الفصل ويناقش، مُرَكِّزاً على فجوة الأداء، المسائل الرئيسة التي هي الآن موضوع التحري: استعمال العديد من القَسَمات لتمثيل الصور، عدم وجود بنى فَهْرَسة مُناسبة لاسترجاع الصور والقَسَمات، خطط الاستعلام الناقصة المستعملة في تنفيذ استعلام التشابه، وضعف نوعية النتائج التي يُحصَل عليها من نظام CBIR. ونناقش كيفية التغلب على هذه المشاكل، بإدخال تقنيات مثل كيفية استعمال تقنيات اختيار القَسَمات للتغلب على "لعنة الأبعاد" وكيف نستعمل طرائق وصول مناسبة لدعم الفهرسة السريعة الفاعلة، واسترجاع الصور، مع التأكيد على أهمية استعمال مقاربات أمثَلَة الاستعلام.

الفصل الخامس

تحتمل عملية استرجاع الصور الطبية على أساس المحتوى عدّة سيناريوهات ممكنة. يرتبط أحد السيناريوهات بالاسترجاع على أساس المعالم. في هذا السيناريو، يجري استخلاص جذور كمية للصورة من محتوى الصورة، في مرحلة معالجة سابقة وموسعة، تُستعمل بعدئذ هذه المقادير بصفتها معطيات مترقّعة في الأرشيف، استعداداً لأي بحث مستقبلي. وهناك سيناريو آخر يكون المطلوب فيه إجراء مطابقة لصورةٍ مع صورة. في هذا السيناريو، دخْل الاستعلام هو صورة أو جزء منها، ويجري البحث على مستوى الصورة. في هذا البحث نستعرض كلا سيناريوهَي الاسترجاع عبر أمثلة على أنظمة طُوّرت حديثاً في مخبرنا. نصف مثالاً على استرجاع الصورة بالمَعْلَم لأبحاث سرطان عنق الرحم على أساس تعاون قائم مع المعهد الوطني للسرطان (NCI) والمكتبة الوطنية للطب (NLM) في NIH. الهدف من النظام هو تسهيل التدريب والبحث عبر أرشيف كبير من صور عنق الرحم.

الفصل السادس

تصبح الإدارة الرقمية للصور الطبية مهمةً على نحو متزايد مع النمو المتسارع لعدد الصور المأخوذة في البيئة الطبية كل يوم. ولقد دُرست دراسة معمقة أساليب استرجاع الصور على أساس المحتوى أو التقنيات على أساس نموذج الاستعلام بمثال في مجال الرؤية الحاسوبية. ولكن، غالباً ما لا تتوافق القَسَمات الشاملة المرئية المنخفضة المستوى

المُستَخلَصَة بهذه الخوارزميات مع المفاهيم العالية المستوى التي تكون في ذهن المستعمل عند قيامه بعملية البحث. يمكن أن يكون دور استرجاع الصور في التشخيص الطبي معقداً جداً، ما يجعل من الصعب على المستعمل أن يعبّر عن المعلومات التي يحتاجها بأسلوب مُناسب. يحتاج استرجاع الصورة في الطب أن يتطوّر من كونه استرجاعاً مرئياً بحتاً إلى استرجاع أكثر شمولاً، بمقاربة تعتمد على الحالة وتضمّ مصادر معطيات متعددة ومتنوعة الوسائط. وتشمل هذه صوراً متعددة، ونصّاً حراً، ومعطيات ذات بنى، بالإضافة إلى مصادر معرفة خارجية ووجوديات.

الفصل السابع

دايفد ماينرت، جامعة ولاية ميسوري، الولايات المتحدة الأميركية

دان ك. بيترسون، جامعة ولاية ميسوري، الولايات المتحدة الأميركية

على الرغم من الفوائد العديدة المزعومة للسجلات الطبيّة الإلكترونية (Electronic Medical Records (EMR))، بقيت الممارسات الطبية مُعارِضَةً جداً لتقبّل التقانة. أحد العوائق، التي يُعتقَد أنها مسؤولة عن التبني البطيء لتقانة EMR، هو المقاومة التي يُبديها العديد من الأطباء غير المقتنعين بفائدة أنظمة EMR. استعملت هذه الدراسة مسحاً بريدياً لأطباء منضمين إلى عيادة متعددة الاختصاصات بهدف فحص المميزات الكامنة في الأطباء والتي يمكنها أن تُساعد في تحديد أولئك الأفراد الذين من المحتمل أكثر أن يشكلوا خطراً على تتجيز ناجح لنظام EMR. عموماً، لم يكن عمر الطبيب أو جنسه مقترنين مع الاستعمال الاستباقي. ولكن أشار تحليل التباين إلى أنّ المعرفة بالحاسوب ومجال الاختصاص الطبي مرتبطين ارتباطاً كبيراً بالاستعمال المتوقع لوظائف EMR. تشير النتائج أنّ الاستعمال المتوقع لمختلف وظائف EMR يعتمد على الاختصاص الطبي، وهذا يمثل واحدة من الصعوبات الكثيرة أمام تطوير أنظمة EMR للعيادات المتعددة الاختصاصات.

يجري إنشاء أنظمة دعم القرار السريري (Clinical Decision Support Systems) (CDSS) نموذجياً انطلاقاً من المعرفة الخبيرة وهي غالباً ما تعتمد على مدخلات يصعب الحصول عليها، وعلى معرفة ضمنيّة يمتلكها الأطباء الممارسون أصحاب الخبرة فقط. يستعمل البحث الموصوف في هذه المقالة نتائج تجريبية مستقاة من تجربة سريرية لنظام CDSS مع نموذج اتخاذ قرار يعتمد على معرفة خبيرة لإظهار وجود فروقات في الكيفية التي تقوم فيها مجموعات من الأطباء السريريين من الاختصاص نفسه، ولكن بمستويات مختلفة من الخبرة، باستنباط متغيرات الدَخْل الضرورية لنظام CDSS، وتستعمل تلك المتغيرات في اتخاذ قراراتها السريريّة. يبين هذا المقال أنّه لدى الأطباء السريريين المبتدئين صعوبة في استنباط متغيرات دَخْل نظام CDSS التي تتطلّب فحصاً فيزيائياً، ومع ذلك فإنهم يستعملون هذه المتغيرات المُستنبطة استنباطاً خاطئاً في اتخاذ قراراتهم السريريّة، وتُناقَش مقتضيات ذلك على تصميم CDSS.

إيليانا كافيزا، جامعة أثينا للاقتصاد والأعمال، اليونان

باتريك س. ك. هونغ، جامعة معهد أونتاريو للتكنولوجيا، كندا

يجب أن تُسلَّم الطلبات الطارئة والرسائل الحرجة في تطبيقات الرعاية الصحية وتُعالَج في الوقت الصحيح والمناسب، بدلاً من الأسلوب المتبع في معظم الأنظمة الحاليّة. لذلك، نوسّع نظام إدارة تنبيهات معقّد (AMS) لمعالجة تكامل الإجراءات والمعطيات في سلسلة إدارة تدفق العمل في الرعاية الصحية تحت قيود الطوارئ. تقترن هذه التنبيهات بمهام الرعاية الصحية لالتقاط الموسطات المتعلّقة بمتطلبات توجيهها ومعالجتها، وذلك بهدف مقارنتها مع اختصاصات العاملين بالرعاية الصحية أو وظائف مزودي الخدمة على الويب. المراقبة ضروريّة للتحقّق من توافر الخدمات في الزمن الصحيح، بالإضافة إلى تحديد هوية الاستثناءات. ونشرح إنجازنا لإطار العمل مع خدمات ويب للاتصالات بين مزودي خدمات الرعاية الصحية والتجهيزات المحمولة للمحترفين الطبيين، ثمَّ نبيّن إمكانية تطبيق مُقاربتنا بواسطة نموذج أوّلي لنظام طبي للزيارات المنزلية (Medical House-Call System (MHCS)) ونقيّم مقاربتنا مع محترفين طبيين وأصحاب مصالح متنوعين.

الفصل العاشر

هاري أويناس – كوكونين، جامعة أولو، فنلندا

تيبو ريزينين، جامعة أولو، فنلندا

كاتيا ليفيسكا، جامعة أولو، فنلندا

ماتي سيبينين، جمعية دوديسيم الطبية الفنلندية، فنلندا

ماركو كاليو، جمعية دوديسيم الطبية الفنلندية، فنلندا

يهدف هذا الفصل إلى تحقيق فهم أعمق لتجربة المستعمل ضمن إطار الرعاية الصحية النقالة. إنّها تدرس خبرات الأطباء من مستعملي الموبايل مع تعليمات طبية على أساس البيّنات، وقواعد معطيات معلومات الأدوية مع مفهوم التدفق بصفته حاملاً وناقلاً لهذا البحث. جرى جمع المعطيات من بين المستعملين الذين عددهم 352 للتطبيقات الطبية

النقالـة. كـان معدّل الاسـتجابة 66.5% (n=234). تُبـرهن النتـائج، أنّ التوجيـه والتصـفح ضمن النظام، بدلاً من الفائدة وسهولة الاستعمال، بالإضـافة إلى الانتباه المركّز والتعلّم هو ما يقود إلى تجربة إيجابية للمستعمل. هذا يدعم حقيقة أنّ إيجاد أجزاء ذات صلة من المعلومـات أمـرٌ جـوهري فـي استعمال النظـام. تـوفّر النتـائج أيضـاً دعمـاً للادعـاء بـأن التطبيقات النقالة ليست فقط مفيدة لأمان المريض، ولكنها يمكن أيضاً أن تحسّن المهارات الحاسـوبية والمهنيـة للأطبـاء أيضـاً. لقـد لـوحظ أن الاسـتعمال المتكـرر للنظـام يُحسّـن المهارات الحاسوبية للطبيب، وشعوره بأنه يتحكّم بالنظام، وإدراكه لسهولة استعمال النظام. وعلاوةً على ذلك تقترح نتائجنا أنّ التعلّم يمكن أن يؤدي دوراً أكبر في العمل المعرفي مما هو مُقترح في الغالب.

الفصل الحادي عشر

وليام أونيل، جامعة شمال تكساس، الولايات المتحدة الأميركية

جيفري تالبرت، جامعة كنتاكي، الولايات المتحدة الأميركية

وليام كليباك، طب الأطفال في درايدن، الولايات المتحدة الأميركية

لدراسـة مميـزات الطبيـب وأنمـاط العيـادات المرتبطـة بتبنـي السـجلات الطبيـة الإلكترونيـة (EMRs) فـي العيـادات الصـغيرة، جـرى مسـحٌ لأطبـاء الرعايـة الأوليـة فـي كنتـاكي بشـأن استعمالهم للسجلات الطبية الإلكترونية. سُئل المستجيبون إذا طبّقت عياداتهم السجلات الطبية الإلكترونية تطبيقاً كاملاً، أو جزئياً أو لم تطبقه على الإطلاق. من بين 482 طبيباً جـرى مسـحهم، كانـت نسـبة تبنـي EMRs نحـو 28%، مـع تطبيـق كامـل بنسـبة 14%، وتطبيق جزئـي بنسـبة 14%. الأطبـاء الأصـغر سناً كـانوا الأميل لاستعمال EMRs علـى نحـو ملمـوس. فـي حالـة أولئـك الـذين كـانوا فـي الثلاثينـات مـن العمـر، طبـق 45% مـنهم السجلات الطبية الإلكترونية تطبيقاً كاملاً أو جزئياً، وذلك مُقابل 15% فقط عند الأطبـاء الـذين تجـاوزت أعمـارهم 60. وجـرى تحليـل الانحـدار اللوجسـتي لعلاقـة تبنـي EMRs

بمميزات العيادة والعمر والجنس والموقع الجغرافي. من المعقول أكثر في العيادات الصغيرة أن يتبنى الأطباء الأصغر سناً EMRs مما قد يفعل الأطباء الكبار في السن، كما تتعلّق EMRs بالاستعمال المتزايد لإدارة الأمراض المزمنة.

الفصل الثاني عشر

ألكسندر ج. ماكليود، جامعة نيفادا، رينو، الولايات المتحدة الأميركية

جان غوينز كلارك، جامعة تكساس، سان أنطونيو، الولايات المتحدة الأميركية

يُعدّ تطبيق أبحاث نظم المعلومات (Information System) (IS) في مجال الرعاية الصحية محاولة مهمة. غير أنّ على الباحثين في نظم المعلومات أن يكونوا حريصين على التعرّف على الأدوار الفردية، والإطار المحيط والتنبؤ بقابلية التعميم. إنّ الكثير من نظريات نظم المعلومات تعود جذورها إلى المؤسسة، وآليات العمل وأصحاب المصلحة. إنّ جميع المستعملين هم أصحاب المصلحة، ولكن ليس كل أصحاب المصلحة مستعملين. ولذلك عند القيام ببحث مرتبط بمستعمل، من المهم التعرّف على المستعمل الحقيقي. ليس من السهل تعميم الأبحاث في نظم المعلومات المتعلقة بالرعاية الصحية، على افتراض أنها مكافِئة لأبحاث في نظم معلومات مؤسساتية. إنّ المستشفيات وغرف الإسعاف والمخابر مختلفة كثيراً عن بيئة "الأعمال " وكذلك فإنّ "مستعملي الرعاية الصحية: يختلفون تماماً في الدور الذي يؤدونه. لذلك يحتاج الباحثون في نظم المعلومات إلى فهم بيئة الرعاية الصحية قبل تطبيقهم نظرية IS بصورة صحيحة. من الواضح أننا إذا كنا ندرس شخصاً أو مجموعةً من الأشخاص الخطأ، فلا نستطيع التوقّع أن ننتج بحثاً وثيق الصلة بالموضوع. بغية إزالة الغموض في ما يخصّ المستعمل في بحث في نظم المعلومات المتعلقة بالرعاية الصحية، سنقدّم أمثلة عن عدة سيناريوهات في مجال الرعاية الصحية، ونجري دراسة تحليلية مبسّطة لأصحاب المصلحة في السيناريوهات كلّها، ونحدّد أصحاب المصلحة وأدوارهم فيها.

إنّ معدلات الاستعمال والتبنّي الفعلي لتقانة المعلومات في مجال الرعاية الصحية (HIT) بصورة عامة، والسجلات الطبية الإلكترونية (EMR) بشكل خاص هي تحت مستوى التوقعات، على الرغم من أن كليهما يبديان إمكانية المساعدة في حلّ بعضٍ من أكثر المسائل ضغطاً على نظام الرعاية الصحية في الولايات المتحدة. يستكشف هذا البحث الدور الذي تؤديه رؤية منظِّمة شاملة للمجتمع (Organizing Vision) (OV) (Ramiller and Swanson, 2003) في تجسيد تصورات تقانة EMR من قبل عيادات طبية مستقلة ومن ثمّ اهتمامها في تبني هذه التقانة واستعمالها. يعرض هذا الفصل OV للسجلات الطبية الإلكترونية من خلال تحليل المعطيات المجموعة باستعمال استطلاع بالبريد لعيادات طبية مستقلة واستعمال تحليل عاملي لفحص الخواص البنيوية ومحتوى الـOV بين العيادات الممسوحة بالدراسة. تضم المساهمة في الجانب النظري اكتشاف إمكانية تطبيق الرؤية المنظمة لراميلر وسوانسون (Ramiller and Swanson, 2003; Swanson and Ramiller, 2004, 1997) على ابتكارات تقانات المعلومات HIT في أبحاث الرعاية الصحية. تضم المشاركات في مجال الممارسة تزويد متخذي القرارات في HIT بنموذج لمواجهة إدخال ابتكارات التقانة (EMR) في عيادة طبية مستقلة.

فيليب ستاين، مشفى فلوريدا للصحة الهضمية، أورلاندو، الولايات المتحدة الأميركية

باستعمال نظرية السلوك المخطَّط، ونظريات الانتشار والمؤسسية بصفتها دعائم نظرية، تتحرى هذه الدراسة رأي الأطباء تجاه السجلات الطبية الإلكترونية (Electronic Medical Records (EMR واستعمالها. أظهرت مقابلات، مع سبعة عشر من الأطباء المقيمين والمسجلين في برنامج الإقامة للطبّ الأسريّ وثمانية أطباء مشرفين في العيادة ذاتها، أنّ لدى معظم الأطباء آراء سلبية نوعاً ما فيما يخصّ نظام EMR. لقد جرى النظر في معظم الأوقات إلى EMR على أنه دخيل على العلاقة المتبادلة بين المريض والطبيب. ترتبط نتائج أخرى بكيفية تأثير EMR على وقت الطبيب وخبرته وتعلّمه، إضافة إلى طول – وأحياناً دقة– الملاحظات السريرية. لقد تبيّن أنّ التحديات المقترنة بقضايا التحكّم السلوكي مثل توافر الحواسيب وتوضّعها المكاني مهمة جداً في سياق هذه الحالة. في هذه المؤسسة، كان مطلوباً من الأطباء المقيمين استعمال EMR بسبب طبيعتها الإجبارية، ولكن إذا كان لديهم الخيار أو القدرة، فإنّ معظهم سيستعمل المخطط الورقي.

الفصل الخامس عشر

لي سيلوتشي، جامعة كارولينا الشرقية، الولايات المتحدة الأميركية
كارلا ويغنز، جامعة ويسكونسن – ميلوكي، الولايات المتحدة الأميركية
كينيث تريمر، جامعة ولاية أيداهو، الولايات المتحدة الأميركية

يدّعي الكثير من صنّاع السياسات، والخبراء الصناعيين، والمزاولين الطبيين أنّ نظام الرعاية الصحية في الولايات المتحدة –في كل من القطاعين العام والخاص– في أزمة. من بين القضايا السياسية العديدة المرتبطة بتزويد الرعاية الصحية في الولايات المتحدة هنالك الطلب على تبنّ متزايد لتقانة المعلومات في الرعاية الصحية (HIT) واستعمالها لمعالجة عدم الفاعلية البنيوية وقضايا نوعية الرعاية (GAO, 2005 p. 33). يذكر هذا الفصل الخطوات الأولى لمجهود بحثي متعدد المراحل في تبني نظام السجلات الطبية الإلكترونية. تُطبِّق المرحلتان الأوليتان من بحثنا النظرية الموحّدة للقبول واستعمال التقانة

بصفتها عدسة يجري من خلالها تفسير أجوبة الأطباء الذين يكملون إقامتهم في الطب الأُسري؛ تفحص المرحلة الثالثة دور الثقافة المؤسساتية بصفتها متغيراً رئيساً لتتجيزٍ استراتيجي فاعل ضمن السياق ذاته.

الفصل السادس عشر

رؤية في تقانة معلومات الرعاية الصحية التبني والتقييم: مقاربة ممتدة زمنياً 583

كارلا ويغنز جامعة ويسكونسن – ميلوكي، الولايات المتحدة الأميركية

كن تريمر، جامعة ولاية أيداهو، الولايات المتحدة الأميركية

يمثل هذا الفصل استعراضاً ممتداً زمنياً لأبحاث تقانة معلومات الرعاية الصحية (HIT). ما يزال تبني HIT وتطبيقه واستعماله يطرح تحديات للمؤسسات، والباحثين، وللمجتمع بوجه عام. المكان الأوّل الذي تنتشر فيه أمواج الأفكار الجديدة هو في المؤتمرات. يستكشف هذا الفصل التطوّر الحاصل في هذا المجال من طريق النظر خلفاً على مر السنين إلى الأعمال التي قُدّمت في مسار كان الأكثر ديمومة في مؤتمر عالمي ركّز على تبني تقانة معلومات الرعاية الصحية وتطبيقها ونشرها وتقييمها.

الفصل السابع عشر

الإنترنت بصفتها مصدراً للمعلومات الصحية وأثرها المُستَشْعَر في التمكين الشخصي.. 629

غي باريه، HEC – مونتريال، كندا

جان نيكولا مالك، HEC – مونتريال، كندا

كلود سيكوت، جامعة مونتريال، كندا

مارك لومير، جامعة مونتريال، كندا

للهدف الرئيسي من هذه الدراسة شقان: الأوّل، يسعى المؤلفون لتحديد هوية العوامل التي تؤثر في العموم وتدفعهم لإجراء عمليات بحث عن معلومات صحية على الإنترنت. أمّا نيّتهم الثانية فهي استكشاف أثر هذا الاستعمال للإنترنت في ثلاثة أنواع من التمكين

الشخصي. في صيف عام 2007 أجرى المؤلفون استطلاعاً شمل عينة من الأسر ضمن مجتمع من البالغين في كندا. ولقد أعيد 261 استبيان إلى الباحثين. تشير نتائجنا إلى أنّ استعمال شبكة الإنترنت بصفتها مصدراً للمعلومات الصحية يرتبط ارتباطاً مباشراً بثلاثة عوامل رئيسية: الجنس، والعمر، والقدُرة التي يستَشعرها الفرد على فهم المعلومات الطبية المتوفرة على الإنترنت وتفسيرها واستعمالها. إضافة إلى ما سبق تقدم نتائجهم الدعم للمفهوم الذي ينص على أنّ استعمال الإنترنت بحثاً عن معلومات حول قضايا صحية يمثل مُقاربة تشاركية أكثر اعتماداً على الزبائن للرعاية الصحية. هذه الدراسة هي واحدة من أولى الدراسات التي تربط استعمال شبكة الإنترنت بالأشكال المتنوعة من التمكين الشخصي. يبدو أنّ لهذا المجال إمكانية تطور كبيرة بصفته أداة يمكن بواسطتها للمستهلكين أن يصبحوا أكثر تمكناً في إدارة مشاكلهم الصحية الشخصية.

الفصل الثامن عشر

إيفانجيلوس كاتساماكاس، جامعة فوردام، الولايات المتحدة الأميركية
بالاجي جانامانشي، جامعة تكساس (A and M) الدولية، الولايات المتحدة الأميركية
ووليانالور راغوباثي، جامعة فوردام، الولايات المتحدة الأميركية
واي غاو، جامعة فوردام، الولايات المتحدة الأميركية

يُناقش هذا الفصل تنامي مشاريع البرمجيات ذات المصادر المفتوحة في الرعاية الصحية. إنه يقترح إطاراً بحثياً يتفحص دور كل من الدعم المالي، ونوع الإجازة، وحالة التطوير، والمتمّمات التقانية في نجاح مشاريع تقانة المعلومات الصحية (HIT) ذات المصادر المفتوحة، ويطوّر طريقة منهجية لتصنيف المشاريع على أساس قدرتها الكامنة على النجاح. ولقد وجدنا باستعمال معطيات من (Sourceforge)، وهي بوابة تطوير برمجيات مفتوحة المصادر (Open Source Software) (OSS)، أنّه بالرغم من أنّ تمويل المشروع وقيود ترخيصه تؤثر في مقاييس المشروع، فإنها ليست متنبئات معنوية لتصنيف مدى نجاح المشروع. من جهة أخرى وجدنا أنّ حالة التطوير، ونظام التشغيل، ولغة البرمجة

هي متنبئات معنوية في التصنيف الناجح لمشاريع OSS. ونناقش أيضاً انعكاسات ذلك على الأبحاث والتطبيقات ونقترح اتجاهات بحث مستقبلية.

الفصل التاسع عشر

كريستينا أ. سيرانو، جامعة جورجيا، الولايات المتحدة الأميركية

إيلينا كاراهانا، جامعة جورجيا، الولايات المتحدة الأميركية

رغم استمرار تكاليف الرعاية الصحية في التحليق عالياً، تتأخر صناعة الرعاية الصحية، عن غيرها من الصناعات الخدماتية في تطبيق تقانة المعلومات لتحسين خدمة الزبائن – المرضى في هذه الحالة–، وتحسين الوصول إلى خدمات الرعاية الصحية، وخفض التكاليف. وأحد مجالات القلق على الخصوص هو الاستعمال الزائد والتجمهر الزائد في أقسام الطوارئ للحصول على رعاية غير مُلحّة. "الطب من بُعد " (Telemedicine) هو أحد التطبيقات المهمّة لتقانة المعلومات في هذا الإطار. الهدف من هذه الدراسة تفحّص سوابق تقبّل المريض للخدمات المباشرة (من دون موعد سابقٍ) للطب من بُعد في الحالات المرضيّة البسيطة. وبالرغم من وجود القليل من محاولات تتجيز مثل هذه العيادات المباشرة في الماضي،إلا أنها أقفلت خدماتها في النّهاية. وبسبب الصّعوبة التي تواجه ديمومة نموذج الخدمات المباشرة للطّب من بُعد، فإنّه من المهم تحري العوامل التي يمكن أن تقود إلى تبني المريض للخدمات المباشرة للطّب من بُعد. انطلاقاً من النّماذج النظرية في أدبيات الرعاية الصحية وتقبل التقانة، واعتماداً على المعتقدات البارزة المستنبطة أثناء مقابلات جرت مع 29 متبنٍّ محتمل، طوّرنا نموذجاً مفاهيمياً لسوابق تقبّل المريض للخدمات المباشرة للطّب من بعد في الحالات المرضية البسيطة. وفي حين ظهرت الميزات النّسبية، والتأثيرات المعلوماتية، والعلاقة مع الطّبيب بصفتها مُتنبِّئات مهمّة للتقبّل، بدا غنى الوسائط، وإمكانية التّشخيص والاستشارة الإلكترونية بصفتها

مصـادر قلـق مهمّـة للمتبنّـين المحتملـين. ونناقش منعكسـات هذه الدّراسـة علـى الأبحـاث والممارسة، ونقدم مقترحات لدراسات تجريبية مستقبلية.

الفصل العشرون

ستاسي بورجوا، جامعة شمال كارولينا – ويلمنغتون، الولايات المتحدة الأميركية
إدموند براتر، جامعة تكساس في آرلينغتون، الولايات المتحدة الأميركية
كريغ سلينكمان، جامعة تكساس في آرلينغتون، الولايات المتحدة الأميركية

تستثمر المشافي في تقانة المعلومات لخفض التكاليف ولتحسين نوعية الرعاية. ولكن، من غير الواضح إذا كانت هذه التوقعات المنتظرة من تقانة المعلومات تتحقق. تستكشف هذه الدراسة تقانة المعلومات (IT) في بيئة المشافي وتتحرّى علاقتها بنسبة الوفيات، وأمان المرضى، والأداء المالي في المشافي الصغيرة والمتوسطة والكبيرة. تسمح تجزئة IT إلى مركّبات وظيفية وتقنية وتكاملية بتقييم الأنواع المختلفة لآثار التقانة على المخرجات المالية والتشغيلية. تشير الاكتشافات إلى أنّ كلّاً من تعقيد التقانة (النفاذ إلى تطبيقات IT) وعلاقة تعقيد التقانة بأداء المشافي يتنوع تنوعاً ملموساً بين المشافي الصغيرة والمتوسطة والكبيرة. وإضافةً إلى ذلك، يبرهن التحري التجريبي للجودة والأمان ومخرجات الأداء المالي على أن الأثر المُلاحَظ لتقانة المعلومات سيعتمد على فئة IT المُستَخدمَة.

الفصل الحادي والعشرون

جوزيف م. وودسايد، جامعة كليفلاند، الولايات المتحدة الأميركية
إفتخار أ. سيكدر، جامعة كليفلاند، الولايات المتحدة الأميركية

تعتمد ممارسات الرعاية الصحية على بشكلٍ متزايد على التقانات المتقدمة لتحسين قدرات التحليل بغية اتخاذ القرار. وبوجه خاص، توفر المُقاربة المكانية الوبائية لدراسات الرعاية الصحية رؤية مهمة في تقييم التدخل الصحي والقرارات عبر تطبيقات أنظمة المعلومات

الجغرافية (Geographic Information Systems) (GIS). يعطي هذا الفصل صورة عن تحليل زماني− مكاني (Space-Time) للتجمعات باستعمال إحصاءات مسح (Kulldorff 1999)، ومؤشرات موضعية للارتباط الذاتي المكاني، وإحصاءات(G-) التي تضم معطيات خدمات سريرية روتينية بصفتها جزءاً محدوداً من مجموعة معطيات جمعتها مؤسسة الرعاية الصحية لشمال شرق أوهايو في الفترة 1994-2006. الهدف هو إيجاد المزيد من التغيرات المكانية والزمانية–المكانية في سرطان الرئة وتحديد الإمكانات الكامنة للمراقبة ولإدارة الرعاية الصحية. قورنت النتائج مع أبحاث سابقة (Tyczynski and Berkel, 2005)؛ ولقد لوحظت نقاط تشابه في القيم الديموغرافية للمرضى في المنطقة المستهدفة من الدراسة. توفر الاكتشافات أيضاً دليلاً على أنّ معطيات التشخيص المُجمّعة نتيجة الخدمات الصحية المقدّمة يمكن أن تُستعمل في اكتشاف الأنماط الكامنة للأمراض و/ أو أنماط الاستعمال، مع هدف رئيسي لتحسين المخرجات الصحية.

تقديم

سلسلة كتب التقنيات الاستراتيجية والمتقدمة
ضمن مبادرة الملك عبد الله للمحتوى العربي

يطيب لي أن أقدم لهذه السلسلة التي انتُقيت في مجالات تقنية ذات أولوية للقارئ العربي في عصر أصبحت فيه المعرفة محركاً أساسياً للنمو الاقتصادي والاجتماعي والتقني. ويأتي نشر هذه السلسلة بالتعاون بين مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية والمنظمة العربية للترجمة تلبيةً للسياسات والتوصيات التي تعنى باللغة العربية والعلوم ومنها:

أولاً: البيان الختامي لمؤتمر القمة العربي المنعقد في الرياض 1428هـ (2007م) الذي يؤكد ضرورة الاهتمام باللغة العربية، وأن تكون هي لغة البحث العلمي والمعاملات حيث نصّ على ما يلي: "تعزيز حضور اللغة العربية في جميع الميادين بما في ذلك وسائل الاتصال والإعلام والإنترنت ، وفي مجالي العلوم والتقنية".

ثانياً: "السياسة الوطنية للعلوم والتقنية" في المملكة العربية السعودية التي انبثق منها اعتماد خمس عشرة تقنية استراتيجية هي: المياه، والبترول والغاز، والبتروكيميائيات، والتقنيات المتناهية الصغر(النانو)، والتقنية الحيوية، وتقنية المعلومات، والإلكترونيات والاتصالات والضوئيات، والفضاء والطيران، والطاقة، والمواد المتقدمة، والبيئة، والرياضيات والفيزياء، والطبية والصحية، والزراعية، والبناء والتشييد.

ثالثاً: مبادرة الملك عبد الله للمحتوى العربي التي تفعّل أيضاً ما جاء في البند أولاً عن حضور اللغة العربية على شبكة الإنترنت، حيث تهدف إلى إثراء المحتوى العربي عبر عدد من المشاريع التي تنفذها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بالتعاون مع جهات عديدة داخل المملكة وخارجها. ومن هذه المشاريع ما يتعلق برقمنة المحتوى العربي القائم على شكل ورقي وإتاحته على شبكة الإنترنت، ومنها ما يتعلق بترجمة الكتب المهمة، وبخاصة العلمية منها، مما يساعد على إثراء المحتوى العلمي بالترجمة من اللغات الأخرى إلى اللغة العربية بهدف تزويد القارئ العربي بعلم نافع يُعمل به.

تشتمل السلسلة التي بين أيدينا على ثلاثة كتب في كل من التقنيات المعتمدة ضمن "السياسة الوطنية للعلوم والتقنية" وقد اختيرت بحيث يكون الأول مرجعاً عالمياً معروفاً في تلك التقنية، ويكون الثاني كتاباً جامعياً، والثالث كتاباً عاماً موجهاً إلى عامة المهتمين، وقد يغطي ذلك كتاب واحد أو أكثر. وقد تمّ بفضل الله الانتهاء من المجموعة الأولى من السلسلة وعددها ثلاثة وثلاثون كتاباً شملت التقنيات الإحدى عشرة الأولى إضافة إلى كتاب إضافي منفرد للمصطلحات العلمية والتقنية المعتمدة في هذه السلسلة. وها نحن ندشن المجموعة الثانية التي تغطي بقية التقنيات الخمس عشرة.

ولقد جرى انتقاء الكتب وفق معايير، منها أن يكون الكتاب من أمهات الكتب في تلك التقنية، ولمؤلفين يشهد لهم عالمياً، وأنه قد صدر بعد عام 2000م، وألا يكون ضيِّق الاختصاص بحيث يخاطب فئة محدودة ، وأن تكون النسخة التي سيترجم عنها مكتوبة باللغة التي أُلّف بها الكتاب وليست مترجمةً عن لغة أخرى، وأخيراً أن يكون موضوع الكتاب ونهجه عملياً تطبيقياً يصبّ في جهود نقل التقنية والابتكار، ويساهم في عملية التنمية الاقتصادية من خلال زيادة المحتوى المعرفي العربي.

إن مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية سعيدة بصدور المجموعة الثانية من هذه السلسلة، وأود أن أشكر المنظمة العربية للترجمة على الجهود التي بذلتها لتحقيق الجودة العالية في الترجمة والمراجعة والتحرير والإخراج، وعلى حسن انتقائها للمترجمين

المتخصصين، وعلى سرعة الإنجاز. كما أشكر اللجنة العلمية للسلسة التي أُنيط بها الإشراف على إنجازها في المنظمة وكذلك زملائي في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية الذين يتابعون تنفيذ مبادرة الملك عبد الله للمحتوى العربي.

الرياض 1434/3/10 هـ

رئيس مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

د. محمد بن إبراهيم السويل

تمهيد

لقد أدّت المعلومات (أو المعطيات، أو الأفكار، أو المعرفة) منذ زمن طويل دوراً مهماً، بطريقة أو بأخرى، في الثقافة البشرية وفي المجتمع، وقد أثّرت خلال فترة طويلة في الطريقة التي نتصرف بها ونفكّر. أعتقد ...أنّ عصر المعلومات... يمكن أن يُطبّق على مراحل التطوّر البشري كلّها. لورن بروس (1995).

المقدمة

مع بزوغ فجر ما بعد العصر الصناعي، الذي قُدِّم من خلال الاختراع، والتحسينات التدريجية، وانتهاءً بانتشار المذياع، والتلغراف، وخدمات الإيصال البريدي، والتلفاز، والصحافة المطبوعة الحديثة، فإنّ الكثير منا قد أصبح معتاداً على استعمال تقانات عصر المعلومات وعلى النمو السريع لها.

تأتي اليوم هذه التقانات بأشكال مختلفة، فهي تضمّ، من دون أن تكون محدودةً بها، كلّاً من أنظمة السجل الصحي الإلكتروني (Electronic Health Record) (EHR) والسجل الصحي الشخصي (Personal Health Record) (PHR)، وأجهزة الجراحة من بُعد والتشخيص من بعد، وتجهيزات المراقبة الإلكترونية السلكية واللاسلكية، والروبوتات الطبية، وغيرها من الأشكال الأكثر غمراً من المعلومات الصوتية والمرئية الرقمية التي يمكن أن تُستعمل قريباً في مساعدة السريريين (وربما حتى المرضى) كي يتعلموا كيف ينفّذون مهام معقدة معرفياً وكثيفة المعلومات بصورة أكثر ذكاء وإنتاجية. في الواقع، يمكن أن نتوقع من الابتكارات في تقانات الاتصالات والمعلومات الصحية (Information and Communication Technologies) (ICTs) أن تحلّ بسرعة مشاكل عديدة مستقبلية للرعاية الصحية والشروط التي يمكن أن تتطلب أيضاً تعاوناً افتراضياً وعابراً

للاختصاصات بين فرق تزويد الرعاية. وحالياً نشهد انتشاراً لتطبيقات ICT الصحية المستعملة في الشبكات الداخلية والخارجية للمؤسسات العامة والخاصة، والتشكيلات البرمجية والعتادية للطب الإلكتروني الجديد المنصّبة في العيادات الطبية، وحتى في بيوت المرضى، إضافةً إلى بنية تحتية معلوماتية لتعزيز خدمات الرعاية الصحية في كلّ مكان بحيث يمكن إيصالها إلى أي مكان في أي وقت. في نظم الرعاية الصحية المتطورة، جرى اختبار هذه التقانات الإلكترونية المتنوعة وطُبّقت تدريجياً لتساعد كلاً من التحليل الكيفي والكمي وإدارة سيرورات المهامّ الروتينية المختلفة ضمن منشآت رعاية متنوعة تتطلب معلومات إلكترونية عالية السرعة وتبادلاً معرفياً إضافة إلى العمل التعاوني العاجل سواء كانت هذه النشاطات تهدف إلى تحقيق الشفاء (تدخّل) أو لتمنع ظهور مرضى نتيجة الإصابة بنوع من الأمراض (وقاية).

في ظلّ التميز لهذا التطوّر السريع لعصر الانفجار المعرفي وتأثيره الخاص مباشرةً في معرفة العاملين مثل المعلّمين في مجال الرعاية الصحية، ومزودي الخدمات السريرية والممارسين، وتقنيّي المخابر الطبية الحيوية، ومختصي المعلوماتية الصحية والمهندسين ومحللي النظم وإداريي الصحة وغيرها من اختصاصات الأعمال المرتبطة بالصحة، فقد أدى انتشار هذه التقانات الإلكترونية دوراً كبيراً في تغيير الطريقة التي كانت تسير أعمال الرعاية الصحية وفقها على مدار سنوات. ومع ذلك، فما زلنا نتعرض للتحدي وحتى على مستويات عليا مع الطلبات المتنامية للنفاذ السريع، والمعالجة الصحيحة، والتخزين الأرخص لحجوم معطيات وأفكار وكلمات وأرقام وعروض متعددة الوسائط أكبر وأغنى وأكثر تعقيداً، بحيث يمكننا أن نتابع إنجاز مهامنا في تعزيز الصحة على مستوى عالمي بصورة أفضل كفاءةً وفاعليّةً وشمولاً.

إنّ الطبّ من بُعد وغيره من التقانات الإلكترونية البازغة مثل الصحة الإلكترونية (e-health) والصحة النقالة (m-health) قد وصلت إلى مرحلة النضج ديباكي (Debakey, 1995). إنّ استثماراً ذكياً لهذه التقانات المعلوماتية من بُعد في مجال الرعاية الصحية قد قاد على التوازي إلى طرق جديدة في إيصال الطب. إنّ استعمال هذه الطرائق الجديدة قد

حوّل التوقّع العام حول المعايير المقبولة للممارسة السريرية، وغيّر من الطريقة التي يتواصل فيها المرضى الآن مع مزوّديهم للرعاية، لا بل عمل على تمكين المرضى عبر تسهيل نشاطات الوصول إلى المعلومات، والرعاية الذاتية وتعزيز العافية. وتحديداً نجد الآن في أجزاء كثيرة من كندا والولايات المتحدة الأميركية، استعمال الويب الدلالي (Semantic Web) لتضمين التجارب السريرية بيزانا، كوجيا، زكري، بوردي و بورغن (Besana, Cuggia, Zekri, Bourde and Burgun, 2010) والمراقبة الطبية من بُعد باستخدام مُحسّات طبية وشبكات هواتف خليوية جونز، فان هالترين، دوكوفسكي، كوبرينكوف، بوشير، بالتز، كونستانتاس، فيديا و هرزوغ (Jones, Van Halteren, Dokovsky, Koprinkov, Peuscher, Bults, Konstantas, Widya and Herzog, 2006) وتنجيز (OSCAR™) وهو مصدر مفتوح للسجلات الصحية الإلكترونية. تضم أمثلة أخرى (MyOSCAR™) وهو نظام سجل صحي شخصي (PHR) يمكّن المريض من النفاذ إلى المعلومات الصحية الشخصية وتخزينها واسترجاعها، وفق آليات ضبط متضمنة تمنح المشترك حقوق النفاذ إلى الآخرين مثل طبيبه، والصيدلية، و/ أو فرد من الأسرة (MyOSCAR, 2011) واستعمال البنية التحتية المعلوماتية والحوسبة الغمامية من خلال (HealthATM ™) بوتز، تومس، نعوماني (Botts, Thoms, Noamani and Horan, 2010) ونظام نمط حياتي صحي إلكتروني (E-health Life Style) تان، هانغ، دوهان، تروجر، فارويك وتاشيرو (Tan, Hung, Dohan, Trojer, Farwick and Tashiro, 2010) والمصمَم لإيصال المحتويات وجمع المعطيات من المرضى المصابين بأمراض مزمنة بغرض تعليمهم الإدارة الذاتية بنجاح لظروف مرضهم.

ومن أجل فهم أفضل لكيفية تمكُّن هذه التقانات الإلكترونية من تحسين الممارسات والإجراءات السريرية، بحيث تتحقق في النهائية نتائج صحية أفضل للأفراد المرضى، من المهم أن نراجع أولاً التفكير التقليدي حول حقل الصحة الإلكترونية/ والصحة النقالة وتطوره. ثمّ نلقي نظرة على بعض التطبيقات الخاصة وكيف جرى النظر إلى تنجيز هذه التقانات الإلكترونية الجديدة بصفتها متكاملة بنجاح أو بغير نجاح مع خدمات الرعاية

الصحية السائدة وأنظمة التزويد المؤسساتية. بعد ذلك، سوف نلخّص العوائق الرئيسية والعوامل المسهّلة التي تقود إلى (أو تُعيق) انتشار وتتجيز حلول الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة. وسوف يُختم النقاش برؤى حول التوجهات المستقبلية لإجراء تقييم مناسب للحل التقاني الإلكتروني وتوليد آلية نقل محسنة للمعارف بغية تضمين التقانات الجديدة ضمن الممارسات السريرية والرعاية الصحية المتطورة.

تطور مفهومَي الصحة الإلكترونية والصحة النقالة

لقد صيغ مفهوم الصحة الإلكترونية بأشكال عدة من قبل مؤلفين مختلفين باغلياري، سلوان، غريغور، سوليفان، ديتمر، كاهان، أورتوين و ماك غيليفاري (Pagliari, Sloan, Gregor, Sullivan, Detmer, Kahan, Oortwijn and MacGillivray, 2005; Tan, 2005). لقد ادعى عدد من المؤلفين الأوائل بأنّ آيزنباخ (Eysenbach, 2001) وإنغ (Eng, 2004) قد قدّما التعاريف المفاهيمية الأكثر قبولاً عموماً في هذا الحقل. لقد أشار باغلياري وآخرون (Pagliari et al.) في دراسة هادفة في نطاق مفهوم الصحة الإلكترونية إلى أنّ الكثير من التعاريف الموجودة تعبّر عن مواضيع مشتركة. والموضوع المهيمن الذي اكتشفوه كان تجهيزات مشبّكة تتشارك المعطيات من خلال الإنترنت وغيرها من وسائط الاتصال بطريقة مناسبة لإيصال الرعاية الصحية. لقد أشار المؤلفون أيضاً إلى أنّ الكثير من التعاريف تنطوي على هدف أوسع من الصحة الإلكترونية بدرجات مختلفة؛ وأنّ بعضاً من هذه الأهداف يمكن أن يتضمن أثر الصحة الإلكترونية في المجتمع المعاصر وتنظيمه وسيرورات أعماله. بالإضافة إلى ذلك، فقد أشاروا أيضاً إلى أنّ المصطلح يمكن أن يكون محطّ تسويق بازغ "دعاية "، الأمر الذي يمكن أن يكون قد ساهم في ما بعد ببعض التشويش في ما يخصّ المعنى الدقيق للمصطلح. وفي مراجعة للأدبيات القائمة عام 2005 تقصّى أيضاً أوه، ريزو، إنكين وجداد (Oh, Rizo, Enkin and Jadad, 2005) التعاريف الموجودة لاستخلاص الأفكار الموحِّدة وقد وجدوا في جميع التعاريف السابقة

أنّ "إيصال الخدمات الصحية" كان حقاً فكرة قوية بينما لم تكن "العافية" كذلك. لقد جرى تضمين استعمال الإنترنت أو تقانات ICTs في ما بعد كفكرة موحّدة، وكذلك كانت أهمية نماذج الأعمال. وأخيراً، جرى ذكر المخرجات في نحو ربع الحالات، وخصوصاً منها الأفكار المرتبطة بإيصال خدمات الرعاية الصحية محسّنة في ما يتعلق بالكفاءة والفاعلية.

تساءل ديلا ميا (Della Mea, 2001) عن شعبية الانزياح من الطب من بُعد إلى الصحة الإلكترونية (e-health)، ولقد جادل أنّه في ما يتعلق ببروز الصحة الإلكترونية، فإنّ الصناعة كانت تضع البادئة -e أمام أي شيء لتجعل منتجاتها وخدماتها قابلة للتسويق من قبل المستثمرين. مع ذلك فقد اعتقد أنّ مفهوم الـ e-health متميز بحقّ عن الطب من بُعد، بسبب التركيز المتزايد على سيرورات الأعمال، والتشديد على مخرجات الصحة، وحقيقة أنّ الحقل يقضي بمشاركة المزيد ممّن هم غير أطباء. أعلن ماهيو، ويتن وآلِن (Maheu, Whitten and Allen, 2001) أنّ الصحة الإلكترونية تضمّ مجالاً واسعاً من النشاطات المرتبطة بالصحة والتي جرى تسهيلها بصورة رئيسة بفضل الشعبية المتزايدة للإنترنت. بعضٌ من هذه النشاطات تضمّ إيصال الخبرة التعليمية، والمنتجات التجارية والمعلومات. بالإضافة إلى ذلك، فمن المتوقّع أنّ صفيفة متنوعة من الفاعلين ستساهم بالصحة الإلكترونية، تشمل المحترفين المرتبطين بالرعاية الصحية (مثل الأطباء، والممرضات، والصيادلة وغيرهم من السريريين ومزوّدي الرعاية)، وغير المحترفين (مثل الموظفين المكتبيين، والعاملين والمتطوعين للرعاية الصحية في المنزل والدعم السريري)، والعاملين في مجال الأعمال (مثل بائعي البرمجيات، والاستشاريين القانونيين والشركاء في مجال الأعمال) والمستهلكين (مثل المرضى وأفراد عائلات المرضى).

بالاعتماد على عمل بروديريك وسمالتز (Broderick and Smaltz, 2003)، فإنّ جمعية نظم إدارة معلومات الصحية (Health Information Management Systems Society (HIMSS) تُعرِّف الصحة الإلكترونية على أنها "تطبيق الإنترنت وغيره من التقانات المرتبطة بصناعة الرعاية الصحية لتحسين النفاذ، والكفاءة والفاعلية ونوعية

سيرورات الأعمال والسريريات المستعملة من قبل مؤسسات الرعاية الصحية والممارسين والمرضى والمستهلكين لتحسين الحالة الصحية للمرضى". وبصرف النظر عن تضمين كمية متنوعة من الأدوار في الرعاية الصحية، فإنّ هؤلاء المؤلفين أشاروا إلى أنّ الهدف النهائي من الصحة الإلكترونية يجب أن يكون تحسين المخرجات الصحية التي يعيشها المريض.

لقد تكهّن آيزنباخ (Eysenbach, 2001) بأنّ مصطلح "الصحة الإلكترونية" قد جرى اختراعه من قبل الصناعة، وكذلك حال جميع الاصطلاحات (-e) مثل التجارة الإلكترونية (e-commerce)، والأعمال الإلكترونية (e-business) وغيرهما، في الوقت ذاته تقريباً. لقد اقترح تعريفاً عريضاً للصحة الإلكترونية كما يلي:

... حقل بازغ عند تقاطع المعلوماتية الطبية، والصحة العامة والأعمال، في إشارة إلى الخدمات الصحية والمعلومات المقدّمة أو المحسّنة من خلال الإنترنت والتقانات المتصلة. وبمعنى أوسع، فإنّ المصطلح يوصِّف ليس فقط تطوراً تقانياً، ولكن أيضاً حالة فكرية، وطريقة تفكير، وموقفاً، والتزاماً بتفكير شامل مشبّك، لتحسين الرعاية الصحية محلياً، وإقليمياً، وفي العالم بأسره من خلال استعمال تقانة الاتصال والمعلومات.

لقد تعمّد أن يصوّر مفهوم الصحة الإلكترونية ليس كتركيب من الإنترنت والطب فقط، بل على أنه طريقة مختلفة في النظر إلى إيصال خدمات الرعاية الصحية. ولكي يُمدِّد هذا التعريف، فقد اقترح قائمة من المواصفات التي "يجب" أن تحدِّد الصحة الإلكترونية. ومن بينها نجد زيادة الكفاءة وخفيض التكلفة، لتحسين نوعية الرعاية التي يتلقّاها المريض، ربما من خلال مقارنة المزوِّدين والإجراءات، ويجب على الصحة الإلكترونية أن تخدم في تثقيف كلٍّ من مزودي الرعاية ومرضاهم.

لقد أشار تان (Tan, 2005)، في واحد من أوائل كتبه، إلى أنّه يمكن أن يجري تصوّر أفكار الصحة الإلكترونية في نهاية المطاف على أنها تغيير في النموذج ضمن نظام إيصال الرعاية الصحية، وهو يقوم أساساً على نقل المعرفة والمعلومات المضمّنة عند محترفي الرعاية الصحية إلى الجماهير، وبالتحديد المرضى، وبعبارات أخرى، فإنّ هذا التغيير في النموذج يرى أنّ إيصال خدمات الرعاية الصحية قد أصبحت مركزة أكثر حول المريض، ويعزّز فكرة المرضى الأكثر اطلاعاً مع الرغبة في التوجه أيضاً نحو المرضى كي يأخذوا مسؤوليات أكبر في الرعاية الذاتية والإدارة الذاتية لظروف أمراضهم وعافيتهم. هذا التفكير المتطور عن الصحة الإلكترونية بدأ باهتمام بالتقانة فقط، لتحوِّلَ إيصال خدمات الرعاية الصحية من خلال استعمال التقانة، ولتولِّدَ ثورةً في سيرورات الرعاية الصحية واللامركزية في الرعاية من خلال تسهيل رعاية المريض لنفسه، وإتاحة معلوماتية الرعاية الصحية للمستهلك.

استعرض آيستبانيان، جوفانوف، وزانغ (Istepanian, Jovanov and Zhang, 2004) تعريف الصحة النقّالة (m-health). خلال مرحلة زمنية كانت تشير ظاهرة الصحة النقالة ببساطة إلى "الطب الإلكتروني اللاسلكي" لاكسميناريان (Istepanian and Laxminaryan, 2000). لقد قدّم هؤلاء المؤلفون تعريفاً عاماً للصحة النقالة تضمّ تقانات بازغة، وبالتحديد "الحوسبة النقالة، والمُحسّات الطبية، وتقانات الاتصالات في مجال الرعاية الصحية"، وذلك لأهداف مرتبطة بالصحة. وتشير جميع هذه التقانات الثلاث الجديدة إلى الجوانب التقنية للصحة النقالة، وتحديداً عمل التجهيزات الطبية المؤتمتة من خلال شبكة الاتصالات. هنالك نزاع جوهري في استعمال مصطلح "الصحة النقالة" لأنه يصف أيضاً مفهوماً مختلفاً تماماً، وهو عمل العيادات المتحركة، كتلك التي في عربات النقل والشاحنات والطائرات ووكر وغيش (Walker and Gish, 1977) وبينما يكون هذا المفهوم عن "الصحة النقّالة" مفصولاً ومتمايزاً بالوضوح عن مفهومنا المناقَش هنا عن (m-health)، يمكن بطريقة ما تجنيد تقانات الـ (m-health) بغرض الاتصال وتبادل

المعطيات، واستعادة سجلات طبية إلكترونية، وتنفيذ وظائف شبيهة أو ذات صلة عبر مسافات جغرافية بحيث يجري إيصال خدمات الرعاية الصحية الإلكترونية المطلوبة.

عرّف ميرزا و نوريس (Mirza and Norris, 2007) وكذلك ميرزا ونوريس وستوكديل (Mirza, Norris and Stockdale, 2008) الصحة النقالة (m-health) على أنها "استعمال تجهيزات اتصالات وحوسبة لاسلكية ومحمولة وصغيرة" لتلبية احتياجات مزودي الخدمة والمستهلكين من خدمات الرعاية الصحية وتبادل المعلومات. وعلى الرغم من أنّهم ذكروا أنّ التقانة النقّالة الحالية تخدم الاحتياجات، فقد أشاروا إلى حقيقة أنّ الصحة النقالة مقودة بشدة بالتطور والتقدم في مجال التقانة، وأنّه قد جرى إهمال إدارة الصحة النقالة إلى حدّ كبير. بكلمات أخرى، يمكن تصوّر الصحة النقالة على أنها تطبيق التجهيزات النقالة لأغراض إيصال الخدمات الصحية بطريقة مبتكرة. وبينما تدفع التطورات التقانية الحقل كثيراً ، فإنّ جانب الإدارة والنتائج الصحية ينبغي أن تبقى دوماً في البال.

وفي محاولة لوضع استراتيجية لصحة نقالة مستدامة، قدّم نوريس وستوكديل وشارما (Norris, Stockdale and Sharma, 2009) معلومات قيِّمة حول كيفية تصوّر الصحة النقالة. لقد صنّفوا الصحة النقالة في تطبيقات سريرية مقابل أخرى غير سريرية. تضمّ الاستعمالات السريرية الصحةَ العامة وأسلوب الحياة، والتنبيه الطبي، وتجديد الوصفات، وبثّ نتائج الاختبارات إلى الأطباء والمرضى، والنفاذ إلى السجلات الصحية الإلكترونية، والنفاذ إلى قواعد المعطيات البحثية، وتعبئة المساعدات المؤتمتة أثناء الحالات الطارئة والكوارث العامة الرئيسة. تضمّ الاستعمالات غير السريرية تسهيل سير العمل، وجمع المعطيات والمشاركة، ومراقبة موقع المريض، وحجز المواعيد، وفحوص الأمان. وبعض التقانات النقّالة المستعملة يمكن أن تضمّ خدمة الرسائل النصية القصيرة (SMS)، وتحديد التردد الراديوي (Radio Frequency Identification) (RFID)، والشبكات اللاسلكية، والإنترنت، وإمكانات البريد الإلكتروني الشامل. ذكر المؤلفون الحاجة المتزايدة للعناية

الطويلة الأمد، وخفض مدة البقاء في المشفى، وتحسين الرعاية الوقائية، وهيمنة استعمال الأدوات النقالة بصفتها دافعة للصحة النقالة.

أشار برايس وَسمرز (Price and Summers, 2002) إلى عدة قضايا مناسبة للتكامل الناجح لحلول الصحة النقالة ضمن معظم سيرورات الرعاية الصحية. **أولاً**، يمكن لمعلومات الرعاية الصحية أن تحتاج إلى أن يجري النفاذ إليها عند نقطة الرعاية، وعلى هذا النفاذ أن يكون فاعلاً قدر الإمكان. **ثانياً**، من المهم للمرضى أن يكونوا مالكين لسجلاتهم، ومن ثمّ لديهم قدرة التحقُّق منها والتغيير فيها كما يبدو لهم مناسباً. ولقد تخمّرت على مرّ السنين الجدالات حول هذا، ولكنّ شكلاً من أشكال التحقق من قبل المرضى على سجلاتهم الصحية يبدو بصورة واضحة ضرورياً من أجل تحقيق نظام إيصال خدمات الرعاية الصحية بصورة موثوقة وفاعلة. **ثالثاً**، والأهم من ذلك، يجب أن تكون تقانة وبرمجيات الصحة النقالة مقبولة من قبل مزودي الرعاية الصحية أنفسهم، لأنّ أيّ نجاح لنظام كهذا يتوقف على هؤلاء العاملين الذين يُظهِرون استعداداً لاستثمار الوقت وفي نهاية المطاف يستعملون التطبيقات ذات الصلة لتبادل المعرفة والمعلومات إلكترونياً. في هذه الحالة، يكون مفهوم الاستعداد الإلكتروني (e-preparedness) أساسياً لنجاح تقانات الصحة الإلكترونية البازغة. **رابعاً**، يجب اعتبار التجهيزات النقالة المستعملة لنقل وتبادل المعلومات الطبية في ما يتعلق بقابلية الاستعمال، ومقاس الشاشة، ووثوقية الإشارة، ومَيْز الشاشة، ونوعية المحتوى، وعدد من العوامل الرئيسة الأخرى. إنّ المستعملين المستهدَفين سوف لن يستعملوا نظام الصحة النقالة من دون تصميم لواجهة المستعمل يكون فاعلاً ومقبولاً، وإلا فإنّ فرصة اعتمادها أو انتشارها لن تتحقق. **وأخيراً**، فإنّ المعايير المقبولة للخصوصية، والأمن، وانتقال المعطيات يجب أن تكون في مكانها بغية ضمان جودة الخدمة والتوافق بين الأجهزة والنظم المرتبطة بالصحة النقالة.

باختصار، إنّ نقطة الانطلاق لنشر نظم الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة لتغيير الرعاية الصحية والممارسات السريرية تكون بتصوُّر ذي مغزى ومقابلة الارتباطات بين

التقانات والممارسات السريرية. وبتحديدٍ أكثر، إنّ الحاجة للتوضيح والتشديد حول كيفية قيام هذه التقانات الجديدة بترجمة السيرورات السريرية القائمة إلى ممارسات أكثر كفاءة وفاعلية ستكون القوة الدافعة إلى النجاح والاستدامة في تنفيذ الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة. ومن ثمّ، فإنّ العوامل الرئيسية التي وراء التثبيط أو التسهيل لترجمة مثل هذه المعرفة وسيرورة انتشار التقانة سوف تجري مناقشتها في مقطع مخصص لها. في الوقت الراهن، سوف ننظر إلى بعضٍ محددٍ من تطبيقات الحالة لنظم الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة التي جرى نشرها وكيفية التلقّي الحالي الجيد لهذه النظم من قبل كل من المستعملين السريريين وغير السريريين والمتبنين المحتملين.

تطبيقات حالة عن الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة

في كندا، يمكن إعطاء القرارات في ما يتعلق بتمويل نظم الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة إما خصوصياً من خلال تبرعات الشركات و/ أو بتمويل من مؤسسات أو منظمات غير ربحية ولكنّ حصة الأسد في هذه المبادرات ما زالت ممولةً من القطاع العام من خلال حكومات المقاطعات الكندية المختلفة. يتوجه دور الحكومة الاتحادية بمعظمه إلى تخصيص ونقل مزيج من التمويل من دافعي الضرائب الكنديين إضافة إلى التبرعات النقدية إلى الوطن والمقاطعات المختلفة لمصلحة نفقات الرعاية الصحية. ومع أنّ قانون الصحة الكندية لا ينصّ على أي أقساط مطلوبة للتأمين الصحي من الكنديين، فإنّ بعض المقاطعات مثل ألبرتا، وبريتيش كولومبيا (British Columbia) (BC)، وأونتاريو قد اختارت طلب أقساط على التأمين لاستكمال التمويل اللازم لضمان التأمين للرعاية الصحية الأكثر عدلاً وشمولاً إضافة إلى المحافظة على خدمات الرعاية الصحية ذات الجودة العالية. وفي الآونة الأخيرة، فإنّ الكثير من النظم الممولة من القطاع العام قد تفحّصت مبادرات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة، ليس فقط لتزيد بسرعة كفاءات سيرورة الرعاية على نطاق المنظومة، ومن ثمّ تحسين الأمان وجودة خدمات الرعاية الصحية من خلال قرار سريري وإداري لرعاية مبتكرة إضافة إلى إعادة هندسة الممارسات

الطبية التقليدية الباهظة الثمن، ولكن أيضاً لخفض مجمل نفقات الرعاية الصحية على المدى الطويل.

ولكن ماذا بخصوص نظم الرعاية الصحية التي تُدفَع كثيراً بالعوامل التنافسية المتأصّلة في قطاع الأعمال الخاص كتلك الموجودة في الولايات المتحدة؟ وبينما قد تختلف الدروس لمختلف نظم الدفع المحفّزة والمقودة بالسياسة في تنجيزات الصحة الإلكترونية والصحة النقالة، فإنّ الدروس المتعلقة باستراتيجيات التنجيز والتحديات المواجهة في جعل المستعملين الرئيسيين يقبلون التقانات البازغة يجب أن تكون عموماً قابلة للتطبيق. ولهذه الغاية، فإننا سوف نناقش تطبيقات حالة من كلّ من نظم الرعاية الصحية في الولايات المتحدة الأميركية وكندا في النقاش التالي.

في BC (كندا)، على سبيل المثال، جرى التغلب ظاهرياً على ممانعة الأطباء لاستعمال تطبيقات الصحة الإلكترونية من خلال الإدارة الصريحة المدافع عنها من قبل وزارة الصحة في BC وذلك عبر تصميم طقم أدوات على الويب ليساعد الأطباء في إدارة الأمراض المزمنة (Chronic Disease Management) (CDM) والقائمة على الدلائل وذلك خلال السنوات الأولى من الألفية الثالثة (Tan, 2011). تُعرَف هذه البرمجية باسم طقم أدوات CDM، وقد جرى اختبارها للمرة الأولى للعناية بمرضى السكري. وعلى الرغم من أنها تقدِّم معلومات سريرية أقلّ بكثير من السجلات الطبية الإلكترونية (EMRs) (Electronic Medical Records)، فإنّ أولئك الذين بدأوا مع طقم أدوات "التقييم الذاتي" الخاص بـ CDM أصبحوا من المعتمدين الأوائل لـ EMRs/EHRs. فضلاً عن أنّ هؤلاء الأطباء أصبحوا متحمسين أيضاً لبرنامج "Physicia Connect" (الذي يربط الأطباء الخاصين بالسلطة الصحية من خلال شبكة اتصالات عالية السرعة وزهيدة التكلفة لتمكّنهم من الاسترجاع الآمن والسريع لمعلومات صحية مهمة محفوظة مركزياً). وهكذا وخلال فترة قصيرة مدتها من ثلاث إلى خمس سنوات، فإنّ 97% من الأطباء في BC كانوا قد سجّلوا دخولهم في برنامج "Physician Connect". لقد عُزي هذا المعدل العالي

من النجاح إلى حقيقة أنّه ليس فقط طقم أدوات CDM "المنتَج محلياً" قد شكّل نقطة دخول ممتازة للأطباء إلى عالم تقانة المعلومات الصحية، بل إنّه زوّد الأطباء بلمحة أولى عن فعالية EMR قبل أن يصبحوا مرتبطين بشكل تام بمثل هذا النظام المعقد. طبعاً، استعملت حكومة BC أيضاً مزيجاً من التمويل النقدي المباشر، بما فيها محفّزات الدفع للأطباء المعتمدين ليتمكنوا من اكتساب ألفة مع البرمجية، وتعويضات إضافية إذا أجروا أيضاً زيارات رعاية إلكترونية لمتابعة مرضاهم بالسكري، وتعويض سخيّ يصل حتى 70% من تكلفة اعتماد واستعمال تقانة مكافئة ضمن سياق برنامج تحفيز BC. الدرس الذي يلزم تعلّمه هو أنّ التغيير التدريجي والمرحلي– حيث تقدِّم الحكومة نظام اختبار بإمكان المستعملين تجريبه من دون خوف من أن يُعاقبوا– هو ربما نقطة انطلاق جيدة لضمان نجاح الصحة الإلكترونية والصحة النقالة والاستدامة في نظام مموّل تقريباً من قبل الحكومة.

وفي مثال ثانٍ في BC نقله موهر، شافزما، آنجلين، بانتازي، غريم (Moehr, Schaafsma, Anglin, Pantazi, Grimm and Anglin, 2006)، جرت دراسة تنجيزات مؤتمرَين فيديويين للطبّ من بُعد، أحدهما في غرفة إسعاف، والآخر في قسم الطفولة والأمومة. لقد طُوِي تطبيق غرفة الإسعاف خلال عام، نظراً لأنه وبوضوح لم يُستثمر كما يجب. كانت الأسباب الرئيسة لهذا الفشل، ببساطة **(1)** لم يكن عند الأطباء أي تدريب على التجهيزات؛ **(2)** جرى قطع ارتباطهم المحقق من طريق مشفى وحيد وجرت الاستعاضة عنه بآخر جديد وبمستشارين ليست لديهم خبرة بتقانة المعلومات الصحية؛ **(3)** مخاوف الخصوصية، لأنّ التجهيزات لم تكن في مساحة خاصة. إنّ الانخفاض في الاستعمال يمكن أن يُعزى إلى أنّ الأطباء رجعوا إلى سيروراتهم القديمة، لذلك رفضوا التقانة. في حين أنه في مركز الرعاية بالطفولة والأمومة، كانت أداة الائتمار الفيديوي مندمجة بنجاح مع آليات الإيصال القائمة، وقد كانت تُستعمَل جيداً حتى بعد انقضاء فترة التقييم. تضمّ الأسباب الرئيسة وراء نجاحها: **(1)** الربط بين المرضى البعيدين والريفيين بأقربائهم وبالمختصين، من دون الحاجة إلى السفر؛ **(2)** وتضمين المحتوى العاطفي،

الذي يُعدّ مهماً لهذا الاختصاص من الطب، ويمكن بسهولة نقله عبر الائتمار الفيديوي؛ **(3)** والتقانة المندمجة جيداً مع الرؤية الطويلة الأمد التي يحتاجها هذا النوع الخاص من المستعملين المرضى. يبدو أنه في بعض الأحيان ليست التقانة مسؤولة بحد ذاتها فقط، ولكن كيفية تنجيز التقانة ومناسَبَة استعمالها للمهام التي ستنفّذ؛ ففي هذه الحالة، ذاك كان الدافع القوي، وتبادل المعلومات المطلوبة بقوة، والتوافق الجيد مع رؤيتها الطويلة الأمد لدفع استعمالها إلى ما بعد فترة التقييم لتصبح مستدامة.

بالانتقال إلى حالات أخرى مرتبطة بالصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة ذات سوق حر وبيئة تنافسية، وتحديداً فرع هاواي في أكبر شبكة رعاية صحية غير ربحية في الولايات المتحدة، نظام (Kaiser Permanente's Hawaiian) (KPH)، وهو مشروع يهدف إلى التحوّل من السجلات المعتمدة على الورق إلى السجلات الصحية الإلكترونية (EHRs) سكوت، راندال، فوغت وهشو (Scott, Rundall, Vogt and Hsu, 2005). وقبل اتخاذ قرار لتنجيز نظام (KPH-HER)، قامت (Kaiser Permanante) بتقييم منتجَين اثنين متنافسين مميّزين بأنظمة تشغيل حديثة، ومرونة كبيرة وإمكانية للنمو وقابلية للتعديل حسب الطلب، وإمكانية التمديد لتحقيق الاندماج في كل المواقع التشغيلية لكيسير (Kaiser) في هاواي: **(1)** نظم المعلومات السريرية (Clinical Information Systems) (CIS) المطوّر بالتشارك بين (IBM) و(Kaiser Permanente)؛ و**(2)** EpicCare المطوّر من قبل نظم Epic. بعد 28 شهراً عقب بدء مشروع (KPH-HER)، عندما جرى تنصيب CIS في ثلث مواقع (KPH) تقريباً، قررت (Kaiser Permanente) اعتمادَ EpicCare عوضاً عنه.

باسترجاع الماضي، فإنّ قرار التغيير إلى (EpicCare) كان بسبب غياب رؤية موحّدة وواضحة على مستوى المؤسسة، واستعداد غير مناسب لإنجاز CIS، وتواصل إجمالي ضعيف. لقد جرت الإشارة إلى أنّ CIS قد رُفض بصورة رئيسة بسبب غياب قرار تعاوني متخذ بين مستعملي KPH، وفشل توافق نظام CIS مع احتياجات المستعملين النهائيين، وغياب التغذية الراجعة الداعمة على كل من المستويين التقني والاجتماعي. لم

يكن السريريون الذين جرى الطلب منهم العمل على تصميمات القوالب من أجل فريق تتجيز CIS، ليس لديهم المعرفة والخبرة المناسبة في مجال تقانة المعلومات فقط، فقد كانوا منزعجين بشكل واضح عندما فشلوا بالنفاذ إلى النموذج المخبري العامل. والمزعج أكثر هو أنّ قوالبهم لم تكن تلك المنجّزة على CIS. وهناك أسباب أخرى ذُكرت وراء تغيير الرأي منها فشل IBM في مراعاة ثقافات الناس المحليين، فضلاً عن احتياجات وطلبات زبائنهم (أي إدارة KPH والمستعملين). تضمّ الدروس هنا الحاجة إلى انتباه خاصٍّ لمطالب المستعمل واحتياجاته، والحاجة إلى التخطيط والتنبؤ باستمرار، والحاجة إلى أخذ خطوات مناسبة لاستيعاب عادات وثقافة المستعملين المستهدفين، إضافة إلى الحاجة إلى التأكّد من أنّ أيَّ مبادرات تغيير في تتجيز التقانة مراقبةٌ بصورة مناسبة ومدارة في كل مرحلة على الطريق.

دروس مهمة أخرى يمكن أيضاً أن تُتعلّم وتُطبّق على الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة من تطبيق الحالة الثانية والتي يمكن ألا تُصنّف تماماً في فضاء الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة. للتوضيح، نأخذ مثالاً يكون فيه مستشفيان مندمجان بحيث يُداران من قبل إدارة وحيدة، وكان هناك نظام توثيق موحّد للتتجيز في كلا الموقعين. هنا، قدّم ووكر (Walker, 2006) رؤى بما يخصّ سبب النظر إلى التقانة نفسها منجّزةً بصورة أكثر نجاحاً على أحد الموقعين دون الآخر. أساساً، قبل أن يجري إنجاز نظام التوثيق الجديد، جرى فعل الكثير لكي يشارك المستخدمون في أحد الموقعين؛ وتحديداً، جرى استعمال مستشار خارجي كي يفحص ممارسات التوثيق القائمة، فضلاً عن مواقف الممرضات اللواتي يتوجّب عليهن استعمال النظام. جرى تشكيل لجنة متنوعة التركيب كي تشرف على خلق نظام التوثيق الجديد. بعد ذلك جرى تكليف مجموعة عاملة تضمّ ممرضات لتولي عملية الاختبار وتشذيب الاستمارات. بعضٌ من هؤلاء الممرضات المشتركات في الاختبارات جرى اختيارهن بصفتهن مدرّبات بديلات، لتدريب ومساعدة الممرضات الأخريات وأخذ العلم بالمراجعات المطلوبة والمرغوبة. في نهاية المطاف، وعلى الرغم من أنّ النظام الجديد قد جرى اعتباره ناجحاً، إلاّ أنّ هناك بعض الثغرات.

كان هناك تدريب أكبر في أحد الموقعين بالمقارنة مع الآخر، مما ولّد انقسامات غير ضرورية وعدم ثقة بين العاملين في الموقعين. لذلك ينبغي الانتباه أكثر إلى مختلف المواقع الإدارية والإدارة الإجمالية للتقانة الجديدة، والتي كان من الممكن أن تخفّف هذا الأثر السلبي الممكن تفاديه.

في وقت سابق، استعرضنا تطوّر مفهوم الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة، وهنا، نقدِّم عدة حالات تطبيقية حول كيفية إدخال تقانات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة ودمجها ضمن نظم إيصال خدمات الرعاية الصحية القائمة والممارسات السريرية. وكما أُشير سابقاً، ففي القسم التالي، سوف نزيح التركيز كي نشدّد على الموضوع المهم عن فهم العوائق الرئيسة والتحديات إضافةً إلى العوامل المسهّلة التي يمكن أن تدفع ابتكارات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة والإنجازات إلى مستوى يمكن أن يكون مقبولاً عموماً ومطبقاً في الممارسات السريرية.

عوائق ومسهّلات نجاح الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة

كما أشير، يجب أن نولي انتباهاً خاصاً لنجاح التقانات البازغة واستدامتها إذا كان استعمالها سيُترجَم بنجاح إلى الممارسات السريرية. غالباً، يخرج سؤال مفتاحي من نقاش كهذا، وهو ما هي الحواجز الرئيسة التي تتحدى نجاح و/ أو فشل الدمج التقاني للصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة والقبول؟ سؤال آخر مرتبط هو، ما هي العوامل المسهّلة التي هي وراء مثل هذا القبول وهل سوف تعزِّز الاستعمال الواسع للتقانة وانتشارها؟ بافتراض أنّ هذين السؤالين هما فعلاً وجهان لعملة واحدة، سوف نناقشهما جنباً إلى جنب في هذا القسم.

العوائق

كما أشار راستوجي، دايم، وتان (Rastogi, Daim and Tan, 2008) تقضي الاستدامة والدمج لتقانات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة في التيار الرئيس لخدمات الرعاية

الصحية بالتغلب على عدد من العوائق الرئيسة، بما فيها – وليست محدودة بها – تكلفة الإقلاع، وتحدّي العملانية البينية، ومقاومة المستعمل، وقضايا الديمومة، إضافةً إلى التشريعات والمخاوف المتعلقة بالخصوصية.

- تكاليف الإقلاع والصيانة المستمرة – ومع التقانات الجديدة كلها، فإنّ الاستثمارات الأولية لتنجيز تقانات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة يمكن أن تكون معتبرة. ليس هناك الحاجة إلى تغييرات كبيرة في البنية التحتية لتقانة المعلومات الصحية فقط، بل يمكن للتغييرات المسبقة في مزاولات الأعمال إضافة إلى التدريب المستمر لمحترفي الرعاية الصحية أن تكون أيضاً متطلبة. وبينما يُعدّ التمويل للإقلاع والعمليات المستمرة على أنها من التكاليف المعترف بها من قبل الكثير من الحكومات المشجعة للمشافي، والأطباء، ومؤسسات خدمات الرعاية الصحية لكي تقوم بالأتمتة، فإنّ على الكثير من الممارسين أيضاً الاعتماد على خدمات البائعين واستشاريي نظم المعلومات (IS)/ تقانة المعلومات (IT) الصحية بغية تحقيق تنجيز آمن وديمومة مستمرة للنظم المنصّبة حديثاً.

- تحدي العملانية البينية – يجري غالباً التقاط المعطيات وفق مصاغات متعددة يمكن أن تكون غير متوافقة مع بعضها، فضلاً عن تخزينها وفق العديد من آليات IT/ IS الصحية المقسّمة فئوياً، ما يسبب عدم فاعلية الكثير من الأطباء نتيجة هدرهم لـ 20-30% من وقتهم في البحث عن المعلومات المفيدة والتي هم بحاجتها ولكنها غير مدمجة على نحو جيد. لقد جرى الاعتراف منذ زمن بأنّ غياب عملانية النظام هو عنق الزجاجة الرئيس أمام تبني تقانات معالجة معلومات الرعاية الصحية، لأنه إذا لم يستطع مختلف السريريين تبادل المعلومات بكفاءة وفاعلية مع بعضهم، فإنّه لا يمكن إيصال خدمات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة بإنتاجية ومن دون أخطاء لمساعدة إجراءات المعالجة المطلوبة من قبل الأفراد المرضى.

- مقاومة المستعمل وقضايا الاستدامة – ليس مفاجئاً أن يوجد غيابٌ غالباً لدلائل رفض الاستدامة للتقانات الجديدة والتطبيقات المرافقة، هذا إن لم نقل قابلية تسويقها، فضلاً عن مقاومة المستعمل عندما يجري إدخال شيء "جديد". من الصعب أن نتوقع دعماً كبيراً عن المستعمل، أو حتى دعماً من الشركة والحكومة، من دون تبرير وبرهان لقيمة هذه التقانات الجديدة. وتظهر أسئلة، على سبيل المثال، كيف يمكن ضمان أنّ الاستثمارات في هذه التقانات سوف تؤدي بالاستعمال إلى عائدات عالية القيمة، ملموسة مادية وغير مادية مثل توفير التكلفة، وإلغاء الأخطاء الطبية، وزيادة الممارسات المعتمدة على الدلائل، وتحسين العلاقات بين الطبيب والمريض. إنّ معظم هذه النتائج يصعب جداً قياسها، دَعْك من المتابعة و/ أو المراقبة على أسس منتظمة. أن يكون هناك دعم من المستعمل واسع الانتشار ودلائل متراكمة عن "معنى الاستعمال" وإمكانية التعبير عن التبرير الجيد لتنجيز هذه التقانات سوف يوفّر دوماً المال والوقت، وينتج منه في النهاية رعاية بالمريض وعلاقة مريض – مزوِّد ذات جودة عالية.

تظهر أسئلة أيضاً لإقناع مزودي الخدمة، فمثلاً، ما هي الحوافز للأطباء المشاركين والممرضات حتى يرغبوا بتغيير ممارساتهم السريرية وتبنّي مقاربات جديدة؟ هل التعويضات المحدودة عن إجراء "زيارات إلكترونية" على سبيل المثال تقود إلى خوف من تبني تقانات جديدة بسبب القلق على الوقت الذي ينبغي على السريريين تمضيته مع مرضاهم إذ أنهم يواجهون طلباً كبيراً على الوقت (موارد محدودة جداً فعلياً)؟ وأيضاً من أجل التقانات التي يجدها السريريون سهلة الاستعمال و/ أو مبررة في ما يخصّ قيمهم المستشعرة (مثل حوافز مالية و/ أو فوائد غير مادية مثل الرضا عن العمل)، كيف سيساعد قبول هذه التقانات من خلال التعليم والتدريب المستمرين في أن يبقى مستداماً وفي تأمين دعم البائع خلال التشغيل الطويل الأمد؟

- قضايا التشريعات والخصوصية – إنّ قضايا الخصوصية والتشريعات ملازمة لكلّ التقانات القديمة والجديدة المستعملة في تبادل ونقل المعلومات الصحية. إذ بسبب طبيعة المعلومات الصحية وكونها نوعاً خاصاً جداً من الموارد التي يجب إدارتها بصورة مناسبة، فإنّ الكثيرين من محترفي الصحة مترددون في أن يخاطروا بمهنتهم إذا لم تُثبِت التقانات الجديدة أنها قد عالجت المتطلبات التشريعية والخصوصية وغيرها من الضوابط. فمثلاً، الترخيص عبر الولايات/ عبر المقاطعات هو موضوع مهم بالنسبة للسريريين وغيرهم من الممارسين في الرعاية الصحية الذين يرغبون بممارسة الطب من خلال الإنترنت؛ بكلمات أخرى، فإنّ مزوّد خدمة مثل الصيدلاني يجب أن يكون مرخّصاً له في الولاية التي يقيم فيها زبائنه بغية خدمتهم. اليوم، المبيعات الصيدلانية غير الشرعية على الخط مزدهرة، ومثل هذه النشاطات تُعتبر خرقاً لقوانين الأمة.

وعلى نقيض مواقع التجارة الإلكترونية العادية، فإنّ تبادل معلومات الرعاية الصحية على الخطّ من قبل أي مؤسسة أو فرد مقيم في أميركا الشمالية هو دوماً عرضة لأحكام الخصوصية من (HIPPS) في الولايات المتحدة (Tan and Payton, 2010) و/ أو قوانين الخصوصية الفيدرالية الكندية، وتحديداً قانون الخصوصية (Privacy Act) (OPCC, 2009). وبصورة مشابهة، فإنّ كلّ دولة أخرى، سيكون لديها أحكامها الخاصة والتشريعية والمقتضيات المرتبطة بالممارسات السريرية الجارية من خلال خدمات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة المؤثرة على المواطنين أو المقيمين في تلك الدولة.

المسهِّلات

عموماً، تمتدّ مجالات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة من EMRs/ EHRs إلى الوصفات الإلكترونية مروراً بالطب من بُعد وانتهاء بخدمات تبادل المعلومات الصحية

لاسلكياً. ينبغي الأخذ في الاعتبار العوامل المسهِّلة الكامنة وراء نجاح وديمومة حلول الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة في أي محاولة لمزاولة الطب ضمن هذه المجالات.

وبناءً عليه، يشير تقرير محرر سابقاً لـ WHO (من دون تاريخ) أنّ حلول الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة السابقة لم تكن فاعلةً للعديد من الدول ويعود ذلك إلى العديد من الأسباب الأساسية:

1. غياب رؤية وطنية لتخطيط IT للصحة وتنفيذ الاستراتيجية.
2. بنية تحتية ICT ضعيفة.
3. خبرة ومعلومات ومعرفة محدودة حول إنجاز حلول الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة.
4. تطورات سريعة في ابتكارات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة.
5. تقييمات غير مناسبة للحاجات وعدم تطابق استراتيجية الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة المتصورة مع حلول الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة.
6. مهارات حاسوبية محدودة لدى السريريين وغيرهم من مستعملي تقانات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة.
7. غياب التشريعات القابلة للتطبيق، والسياسات الأخلاقية، والأطر الدستورية لضبط استعمال تقانات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة ودعم النمو المناسب لها.
8. غياب الموارد المالية وغيرها من الموارد الأساسية لتلبية الطلبات المتزايدة من المرضى فضلاً عن مزودي الرعاية الذين يمكن أن يكونوا مستعدين ويرغبون بالمشاركة ببرامج محددة للصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة.

وإضافة إلى القائمة أعلاه، لدينا أيضاً:

9. التحدي في ترجمة المعرفة من ابتكار الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة، والبحث والتطوير إلى الممارسات السريرية.
10. التحدي في إدارة تقانة الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة وأثرها على الأفراد المستعملين والمجتمع بصورة عامة، بما فيها غياب أدوات موثوقة وصحيحة لقياس هذا التأثير ومراقبة العوامل المتعلقة بالاستدامة.

إنّ جميع النقاط المذكورة أعلاه يمكن أن تُجمَّع في قائمة أبسط من العوامل المسهِّلة: **(1)** رؤية وطنية عن الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة مستدامة وموحّدة؛ **(2)** بنية تحتية IT صحية عملانية بينياً وممولة جيداً ومستدامة؛ **(3)** برنامج استدامة لتدريب وتعليم مهارات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة وتقييمات دقيقة للمشروع (تشمل الأبحاث الجارية، والابتكارات والتطويرات)؛ **(4)** استراتيجية لإدارة سيرورة ترجمة معرفة الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة ولإدارة التغيرات المستمرة نتيجة لإنجاز هذه التقانات الجديدة. ببساطة، يجب الانتباه إلى كلّ العوامل المسهّلة لضمان أنّ هذه العوامل توجّه الدعم المعرفي المعقد والخبرة التقنية والبنى التحتية المناسبة لكلٍّ من مزوّدي الخدمة والمرضى الذين سيصبحون المستعملين الجدد للتقانات.

من الواضح أنّه يلزم تأسيس رؤية وطنية طويلة الأمد ومستدامة، مع مخططات فاعلة لبناء قيادات مناطقية عريضة، وشراكات خاصة – عامة متعاونة، ومشاركة أصحاب المصلحة المتعددين، إذا جرى تحقيق انتشار تقاني عريض. إنّ ضخّاً كبيراً من التمويل سيكون أيضاً مطلوباً بغية ضمان النمو واستمراره، وكذلك الاستعمال المستمر، والابتكارات القادمة في تقانة المعلومات الصحية البازغة. بكلمات أخرى، يمكن توطين قيادة قوية على أعلى المستويات في الحكومة لتأمين الرؤية والاستراتيجية الوطنية ضمن نظام الرعاية الصحية. وهذه هي الخطوة الأولى تجاه تحقيق النجاح الكبير لنظام الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة وديمومته. بالتأكيد، هذا لا يمكن أن يقضي بإدخال صيغة وحيدة من تقانة المعلومات الصحية أو قبول حلول تقانة المعلومات لشريحة خاصة من

المستعملين فقط، ولكن التحوّل البنيوي للأنظمة مجتمعة بطريقة تضمن اشتراك أصحاب المصلحة المتعددين لتحقيق رعاية صحية أكثر أماناً، وأكثر أمناً، وأكثر كفاءة و/ أو حتى أكثر فاعلية. وبينما كانت النظم الإدارية قد حققت تحولاً تدريجياً نوعاً ما من الوظائف المعتمدة على الورق إلى تلك المعتمدة على التقانة على نحو خال نسبياً من مقاومة المستعمل النهائي في منشآت الرعاية الصحية خلال السنوات الماضية، ما زلنا مع ذلك نصارع بأتمتة وظائف سريرية رئيسة ونقنع الممرضات والأطباء بالرغبة بأن يصبحوا متملِّكين لمهارات تقانات المعلومات الصحية. لنضعها ببساطة، إنّ الفشل في تبنّي حلول الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة هو في الغالب فشل النظام بأسره بإشراك جميع أصحاب المصلحة الرئيسيين، خصوصاً مزوّدي الخدمة. على سبيل المثال، إذا اختارت عيادة أن تتبنى حلّ الوصفات الإلكترونية، فعليها أن تبرِّر القرار بدعم من جميع أصحاب المصلحة الذين لهم علاقة، مثل التوضيح بالإقناع بالفوائد المكتسبة من قبل المرضى (الزبائن)، والسريريين الممارسين (مزوّدي الرعاية)، والصيدلانيين المشتركين (المزودين) وكيف يمكن لهذه الفوائد أن تُترجَم بتوفيرات حقيقية في التكلفة والمداخيل فضلاً عن فوائد غير مادية (مثل حوافز التعويضات الحكومية للوصفات الإلكترونية، راحة المرضى من الجهة الأخرى، و/ أو إلغاء الأخطاء الطبية من العيادات والصيدلية بسبب القراءة الخاطئة للوصفات المكتوبة باليد) وبذلك فإنّ كلّ أصحاب المصلحة يكونون داعمين لتطور رؤية تقانة المعلومات الصحية واستراتيجيتها. ومن ثمّ، فإنّ الحاجة لأغلبية من المتبنين من كل مجموعات أصحاب المصلحة هو أمر لا يمكن تفاديه إذا كان سيجري قبول ابتكار الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة، وتبنيه، واستعماله الواسع.

فضلاً عن رؤية واستراتيجية موحدة وطويلة الأمد لتقانة المعلومات الصحية، هنالك أيضاً الحاجة لبنية تحتية ذات ديمومة وممّولة جيداً تقود لإنجاز تقانات المعلومات الصحية. وبقطع النظر، فإنّ البنى التحتية القائمة في مجال المعلوميات والتقانة للنظم الموروثة صعبة الصيانة ومكلفة، هذا إن لم نذكر الحاجة إلى خلق بنية تحتية جديدة لدعم تطبيقات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة البازغة. ربما ستكون نقطة البداية لتحسين

الإرادة السياسية لتوليد وتأسيس مثل هذه البنية التحتية هي الحاجة لوضع مبلغ كافٍ من المال جانباً وضبطه ليناسب بنية نموذج أعمال داعمة ومناسبة بحيث تستمرّ في توليد قيم لتخديم الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة. لسوء الحظ، إحدى التحديات الرئيسة أمام استخدام تقانات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة هو غياب مثل هذه الإرادة السياسية، والذي يُترجم غالباً بغياب تمويل مشترك من كل من الحكومة والقطاع الخاص. يجب تأمين شراكة قوية بين القطاعين العام والخاص بغية تحقيق رؤية لبنية تحتية ICT صحية وموحّدة. إنّ مثل هذه الرؤية يجب أن تكون عملانية من خلال تنفيذ شبكات IT صحية تربط جميع أصحاب المصلحة المشاركين. لنتصوّر فقط تكرار المعلومات التي جرى جمعها مضافةً إلى عدم قدرة نظام الرعاية الصحية على العمل بسلاسة ، ببساطة بسبب عدم عملانية النظام في تبادل المعلومات المجمّعة سابقاً بين مزودي الرعاية الصحية والحكومة. إنّ نظاماً مستداماً للرعاية الصحية سيتطلب بالضرورة جزءاً من التكلفة لبناء شبكات وبنية تحتية لتقانة المعلومات الصحية الباهظة الثمن، بما فيها بنية تحتية سيَبْرية معلوماتية لتقانة المعلومات الصحية، وتكون متشاركَة بصورة مناسبة بين كل من قطاعي الرعاية الصحية الخاص والعام.

هنالك تحدٍّ آخر مهم جداً في المحافظة على تطبيقات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة ذات القيمة المضافة وهو الحاجة إلى تثقيف محوِّل وبرامج تدريب على المهارات في مجالات تقانة المعلومات الصحية. الكثير من السريريين ليسوا ماهرين في استعمال التقانات الجديدة، أو أنّ لديهم حوافز قليلة ليصبحوا مهتمين بتعلّم كيف يستخدمون هذه التقانات الإلكترونية بصورة فاعلة في حياتهم العملية اليومية. إلى أن يصبح المستعملون المحتملون لهذه التقانات الإلكترونية أكثر وعياً للإمكانيات والفوائد الإضافية التي من شأنها أن تعود عليهم، فإنّ تبنيّهم واستعمالهم سيكون محدوداً. يجري عادة تحقيق كتلة حرجة عندما يمكن تعلّم هذه التقانات بسهولة من خلال أدوات التصفح المقودة ذاتياً، وعندما يكون هنالك طلب واسع الانتشار يعود إلى حالات معروفة وقصص نجاح عن فوائدها المرغوبة والميزات التنافسية التي يمكن تحقيقها. فمثلاً، بعض المرضى يكونون

قلقين من خسارة "اللمسة الإنسانية" التي يمكن أن تأتي من "زيارة إلكترونية" أو القيام باستشارة من بُعد مع مزوديهم بالرعاية وذلك إلى أن يتحققوا أنّ بإمكان الأطباء الدخول بفاعلية وإجراء جراحة ميكروية في مناطق صغيرة من تشريح المريض من خلال بزوغ تقانة واعدة مثل الحضور الميكروي (Horvitz, 1992). ولهذا، فإضافة إلى التمويل العام لتنجيز الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة، فإنّ غياب المعرفة والخبرة في مجال الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة يعني أنه يلزم تمويل إضافي لتثقيف وتدريب السريريين والمرضى الذين "يتعلمون" ليصبحوا مستعملين لهذه التقانات الحديثة العهد. في هذا المعنى، فإنّ مفهوم "الاستعمال ذا المغزى" للصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة يجب أن يكون مختلفاً عن الاستعمال الشعبي للإنترنت والتقانات الإلكترونية البازغة التي قادت إلى نجاحات التجارة الإلكترونية/ التجارة النقالة. وبينما تركِّز نجاحات تلك الأخيرة على الربح أساساً بصفته السبب الوحيد، فإنّ فوائد غير مادية (إنقاذ الأرواح، الرضا عن العمل، النوعية العالية من إيصال الرعاية، كفاءات النظام مثل خفض في عدد أيام الإقامة في المشفى أو في أزمنة الانتظار، والأمان مثل إلغاء الأخطاء الطبية، والخصوصية، والفاعلية السريرية مثل تحسين التعاون السريري بين المزودين المتعددين وتقارير الرعاية المنجزة)، فضلاً عن الفوائد المادية (مثل العائدات، الدفع المحفّز)، يجب أن تُؤخَذ في الحسبان في مبادرات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة. من دون التثقيف المناسب والتدريب، فإنّ المستعملين سيقاومون أي انجازات لتقانة المعلومات الصحية من خلال إطار نظام خدمات الرعاية الصحية المتزايد التعقيد.

بسبب حقيقة أنّ كلّ مبادرات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة يجب أن تقضي بمشاركة أصحاب المصلحة العديدين، فإنّ آلية المحافظة على أية استثمارات في هذه المبادرات يجب أن يضمّ تثقيف وتدريب جميع أصحاب المصلحة والموظفين السريريين. هؤلاء هم الناس الذين لا يلزم فقط تحديدهم والتواصل معهم حول مجموعة المعايير الضابطة "الاستعمال ذو المغزى"، ولكن على نحو أهم، أن تُرتّب حسب الأهمية عناصر

من هذه المعايير. إنّ تدريباً وتثقيفاً كهذا يجب أن يجري أيضاً على الدوام وباستمرار بسبب التغييرات ذات الخطوات الكبيرة في الابتكارات التقنية. فمثلاً، عند التحوّل إلى الابتكارات الأكثر حداثة في مجال الصحة النقالة، فإنّ التحدي العام هنا بالنسبة إلى المستعملين النهائيين هو تقييم الادعاءات عن الوعود بالفائدة من هذه التقانات بذكاء. لقد قيّم بوون، وونغ وزانغ (Poon, Wong and Zhang, 2006) مراقب ضغط الدم المِعصَمي في مهمة قياس تغيرات ضغط الدم (Blood Pressure Variability) (BPV)، والذي يتطلب من المرضى مراقبة ضغط الدم على مدار مدة طويلة من الزمن. إنّ الجهاز الطبي القابل للُّبس، والمشابه لساعة المعصم، يخزِّن معطيات ضغط الدم ضمن الوحدة. وبينما تبدو الوظيفية التقنية للجهاز فاتنة، فإنّ الدلائل عن قبول المستعمل، والاستدامة، وقابلية التسويق لجهاز كهذا لا تزال غائبة. وهكذا، وما لم تجرِ الإجابة عن بعض من هذه الأسئلة مع وجود نجاح أكبر للتنجيز في سياقات العالم الحقيقي، فإنّ من المستحيل تصميم برنامج تدريب مناسب للمستعملين حول كيف ستتغيّر ممارساتهم السريرية بفضل إدخال تقانات بازغة كهذه. وكحالة أخرى عن الموضوع، موبي هيلث* (MobiHealth) (Van Halteren, Bults, Wac, Konstantas, Widya, Dokovsky, Koprinkov, Jones and Herzog, 2004; Jones et al., 2006) هو منصة متضمنة كل ما يتعلق بالصحة النقالة من أجل مراقبة الإشارات الحيوية باستعمال شبكة لاسلكية لمنطقة الجسم (Wireless Body Area Network)، وتجهيزات لاسلكية، وشبكات هواتف خليوية. أشار آيستبانيان، جوفانوف وزانغ (Istepanian, Jovanov and Zhang, 2004) إلى أنّه ومع تقانة WBAN كانت المعطيات تُجمَع لاسلكياً من المُحسّات ويجري بعدئذ استعمال وحدة قاعدة نقالة لبثّ المعطيات إلى مزوّد الرعاية الصحية من خلال شبكة الهاتف الخليوي. إنّ مركّبة موبي هيلث التي تبثّ المعطيات إلى وسط الحفظ المركزيّ يُشار إليها على أنه "طبقة خدمة الصحة النقالة"، والتي هو مفصولة عن WBAN ذاتها. واثنان من أهم تطبيقات نظم WBAN هما (Personalized Predictive Healthcare) و-(Mobile On-

* شركة بريطانية تعنى بنقل المعلومات الطبية عبر الموبايل (الهاتف الخليوي).

Demand Home Health Care) وهما متاحان للاستعمال من خلال تقانة 4G. تنبأ آيستبانيان وباتيشيز (Istepanian and Pattichis) (2006) أنّ العقد القادم سيكون العصر الذهبي بالنسبة لمستعملي الهاتف النقال عامة عندما تصبح تقانات 4G منتشرة ومسهّلةً لتوليد مستشفيات نقالة افتراضية ومراكز صحة نقالة متخصصة، فضلاً عن انتشار التطبيقات الداعمة لخدمات الصحة النقالة. مع ذلك، فإنّ نموّ التقانة النقالة بتسارع كبير ودمج تقانة 4G مع التقانات السابقة، يتطلب تصميماً وتطويراً لبرامج تثقيف تدريب أكثر فاعلية وابتكاراً لمستعملين محتملين على التقانات القادمة. إنّ الفشل في مجاراة التثقيف وإدارة المعرفة للتطور التقني السريع يمكن أن يمنع نجاح واستدامة تقانات العصر الجديدة هذه. سوف نتحول الآن إلى مناقشة الحاجة لإدارة معرفة الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة وإدارة التغير المستمرّ.

إنّ انجاز نظم الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة يقضي باختصار بتضمين التقانة في سيرورات وآليات الرعاية الصحية القائمة بطريقة يُتوقّع أنها مفيدة لمجمل نظام الرعاية الصحية. إذا جرى النظر إلى حلول الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة أولياً على أنها الحقن الساذج للتقانة ضمن آليات وسيرورات الرعاية الصحية، فإنه من الممكن عندئذ بالنسبة لنا أن نخسر رؤية الهدف في تحقيق نظام أكثر فاعلية وكفاءة. بكلمات أخرى، فإنّ نظاماً يقضي بمخرجات صحية أكثر إيجابية بالنسبة إلى المريض ويراكم المعرفة على مدار الزمن يجب أن يكون مخرجات مرغوبة لتطبيق التقانة في سيرورات الرعاية الصحية. إنّ تصميم مفهوم الرعاية الصحية بصفته نظاماً متكيّفاً معقداً (Complex Adaptive System) (CAS) (Tan, with Payton, 2010) يمكن أن يقدِّم بعض الرؤية عن السيرورات المتضمنة والتي بموجبها يتوجّب على نظام الرعاية الصحية أن يتغير خلال الزمن بهدف الاستفادة من الفوائد التي يمكن أن تقدمها تلك التقانة والتعليم المؤسساتي الذي يتراكم في هذه الأثناء. باختصار، إنّ CASs تتأقلم مع التغيرات الحاصلة على الأغلب تدريجياً، وأحياناً أسرع من المرات الأخرى، حسب سرعة تعلّم

المعلومات الجديدة/ المعرفة فضلاً عن سرعة التغيير. بكلمات أخرى، إنّ تغيرات النظام مقودة بصورة رئيسة بدرجة الاستقلال والارتباط البيني للفاعلين ضمن النظام، في ما يخص كيفية تعلّم كلّ فاعل. على سبيل المثال، يمكن النظر إلى كلّ صاحب مصلحة في الرعاية الصحية أو فاعل على أنه عقدة تقوم باتخاذ قرارات بالاعتماد على المعلومات والمعرفة المتلقاة من قبل هؤلاء الفاعلين من بيئة النظام، والتي بدورها تملي سلوكهم المتغير. إنّ المعلومات (والمعرفة) المتلقاة يُحكَم عليها تلقائياً على أنها مفيدة أو لا؛ ولتوضيح، إنّ أصحاب المصلحة يبحثون على الغالب ودوماً على مرّ الوقت عن المعلومات/ المعرفة الأكثر فائدة وعلاقة بعملهم، ويتجاهلون المعلومات/ المعرفة غير الداعمة و/ أو لا علاقة لها بعملهم. وعندما تصبح المعلومات والمعرفة متاحة، تظهر عقد جديدة، لتحلّ محلّ بعض العقد القديمة أو الموجودة في الشبكة مع فاعلين جدد متأقلمين مع مرور الوقت مع البيئة الكلية. عندما يحصل تعلّم سريع وفعّال بين العقد، تصبح الارتباطات مقوّاة بين عقد محددة مع بثّ المزيد من حزم المعلومات/ المعرفة من إحدى العقد ويجري استشعارها على أنها مفيدة لعقد أخرى؛ وإلا فإن الارتباطات تصبح أضعف ومع مرور الوقت يمكن أن تنفصل هذه العقد في نهاية المطاف. بكلمات أخرى، فإننا نستبق هؤلاء الفاعلين الذين يتشاركون بتفسير متشابه حول علاقة وفائدة المعلومات/ المعرفة المتلقاة لتتشكّل أيضاً تغيُّرات سلوكية متشابهة. إنّ أثر CAS هو حُلول هذه المعلومات/ المعرفة الجديدة محلّ القديمة الأقل أهمية، وفي الوقت ذاته تصدر أمراً حيث يجري تغيير الآليات والسيرورات القائمة من قبل الفاعلين/ الوكلاء المعنيين بهدف جعل النظام بأكمله أكثر كفاءة وفعالية. الهدف هو تحقيق استقرار وكفاءة أكبر من خلال CAS مع بدء هيمنة السيرورات الجديدة، بينما يتأقلم الفاعلون المتعددون مع السيرورات الجديدة بحيث تتحسّن فاعلية وكفاءة النظام بأكمله. في هذا المعنى، فإنّ النظام بأكمله يتطور إلى نظام أفضل بينما يتعافى من أخطاء الماضي الموجودة في نظام (نظم) أقل كفاءة وفاعلية.

إنّ الإدخال المناسب لمختلف العناصر التقنية في سيرورات الرعاية الصحية هو أيضاً عملية ترجمة وإدارة للمعرفة. ومن ثمّ، فإنّ التغيّر التدريجي وإدارة التغيير هو أمر حاسم لنجاح واستدامة الإنجازات التقنية. أولاً، هناك حاجة للتركيز على القيم المشتركة والمساهمة، بما فيها التعلم الفردي والتعلّم ضمن الفريق بدلاً من ترك التقانة تقود التغيرات في عادات المستعمل الفردية. إنّ التعاون والشراكة بين مطوِّر(ي) النظم والمستعمل(ين) سوف يضمن فرصاً أفضل لنجاح إنجازات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة واستدامتها. إنّ المعرفة، وخصوصاً المعرفة المؤسساتية والممارسات ليست سهلة الالتقاط والتخزين والمشاركة بين العاملين المؤسساتيين. وكما جرى البرهان في حالة ووكر (Walker, 2006) التي نوقشت سابقاً حيث كان يُستخدم نظام مؤقت من نموذج ورقي لإدارة التغير في التوثيق من نظام يعتمد على الورق إلى آخر يعتمد على المصطلح الموحّد الجديد لسجل المرضى الذي من شأنه في نهاية المطاف أن يُستَثمر، فإنّ المساهمة الواسعة ضمن المؤسسة والتشارك يجب أن يحصل حتى تعمل مثل هذه الأتمتة. وعلى الرغم من أنّ هناك مزيد من التدريب في أحد الموقعين مقارنة بالآخر، ما قسّم العاملين في الموقعين، فإنّ أسباب نجاحه العام تضمّ: **(1)** إقناع كامل المؤسسة بالحاجة إلى التغيير؛ **(2)** وترسيخ هذه التغيرات تدريجياً من خلال الأقران وغيرهم، بما في ذلك استخدام مستشارين خارجيين، وإشراك لجنة من المؤسسة بأعضاء مساهمين متنوعين، واشتراك مجموعة عمل التمريض مع بعض الممرضات العاملات بصفتهن مدربات التغيير؛ **(3)** والتقاط وتخزين وتحليل المعرفة المؤسساتية القائمة، ووجود فرقة العمل المخصصة لدراسة كيفية استعمال آليات توثيق العمل الجديدة بصورة متلائمة مع عادات العمل السابقة المعتمدة على الورق.

وبالمحصلة، فإنّ تنفيذ أي تقانة جديدة للصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة ينطوي على استراتيجية لإدارة التغيير على المستعملين المستهدفين، والمعروفة ببساطة باسم إدارة أصحاب المصلحة (Stakeholders Management). ووفقاً لذلك، فإنّ هذا يستلزم إدارة التوقعات من جميع اللاعبين الرئيسيين بطريقة تتلاءم بصورة مناسبة مع وضع ودور كلّ

لاعب. يعرّف تايلور (Taylor, 2004) صاحب المصلحة على أنه "فرد أو مؤسسة إما مشارك بفاعلية في المشروع أو يمكن أن يتأثّر بتنفيذ المشروع أو إنهائه" (ص 117). وبينما تنطوي معظم الاستراتيجيات النموذجية لإدارة اللاعبين الرئيسيين على المحافظة على علاقة تواصل صحية مع كلّ من اللاعبين الرئيسيين بحيث تواجه كل ما يقلقهم إن وُجد. إنّ أهمية تحديد وفصل الوضع المتمايز وكذلك الدور لكل من اللاعبين الرئيسيين عند بداية إنجاز مشروع الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة هو أمر ذو معنى ذكي، لأنه في الكثير من الحالات سيكون لدى حفنة من هؤلاء اللاعبين الرئيسيين السلطة الكافية لتحديد إذا كان المشروع سينجح في نهاية المطاف أم يفشل.

النتيجة

ظاهرياً، يضم حقل الرعاية الصحية شبكة معقّدة من أصحاب المصلحة، والسيرورات، والعتاديات/ البرمجيات، والمعطيات، وعناصر المعرفة. وهكذا، فإنّ كلّ المحاولات لإنجاز أيّ ابتكارات تقنية وإدارة التغيير التي تأتي مع مثل هذا الإنجاز ليس مهمة بديهية. إنّ الطبيعة المتعددة الاختصاصات لحقل الرعاية الصحية، مع صوامع معزولة من المعرفة المتراكمة خلال عقود ضمن كلّ تخصص جزئي، فضلاً عن وفرة الاصطلاحات والتعابير غير القياسية والمتأصّلة في مختلف الحقول الجزئية، يجعل من دمج المعرفة الصحية وتقانة المعلومات الصحية مهمة ضرورية ولكنها شبه مستحيلة. وبينما يمكن الاعتماد على التقانات الجديدة لتغيير إجراءات الرعاية الصحية القائمة، فإنّ مثل هذا التغيير يمكن أن يكون أحياناً سلبياً، ويهزّ العادات المتعارفة ويخلق عدم كفايات، أو حتى يولّد أشكالاً جديدة من التكلفة الاجتماعية بسبب ممانعة كل من مزوّدي الرعاية الصحية ومجموعات من المرضى. وبغية جعل الناس يغيِّرون عادات تعلّموها سابقاً بإدخال تقانات حديثة والحاجة للتأقلم معها، من المهم الاعتراف بأنّ التثقيف المستمر والتدريب والعروضات التجريبية الرائدة قيد العمل بغية إظهار نجاح هذه التقانات أمر ضروري.

يبدو أنّ نجاحات الكثير من تطبيقات تقانة المعلومات تعتمد على ضمان أنّ هذه التطبيقات سوف تؤثِّر إيجاباً في مختلف الممارسات السريرية التي تحوّلت بطريقة أو بأخرى بفضل هذه الاختراقات التقنية الجديدة سواء بصورة رئيسة أو غير مباشرة، في هذا المعنى، فإنّ نجاح حلول الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة سيكون نوعاً ما تابعاً لسياق استعمالها، والإطار الذي يمكن أن تزدهر فيه هذه الحلول، والحالات المختلفة التي سوف تُختَبر فيها تلك التطبيقات وتُقيَّم مع التطلّع إلى نتائج إيجابية وأكثر فائدة. بكلمات أخرى، لتحقيق نتائج رعاية صحية أفضل للمرضى المشاركين فقط، فإنّ هذه التقانات الجديدة يجب أن تصل إلى مستوى مقبول من النجاح والاستدامة.

علاوةً على ذلك، فإنّ الفائدة، وقابلية الاستعمال، واستعمال هذه التقانات الجديدة من قبل مقدمي الرعاية، والمزودين والمرضى على وجه سواء، وكذلك قابلية استمرارها واستدامتها بصفتها حلاً للأعمال لم يُدرس على الأغلب على نحو منهجي. إنّ جمع الدلائل التجريبية حول تأثيرات الحلول التقنية للصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة البازغة هو إجراء ليس بديهياً بسبب، على سبيل المثال، غياب أدوات موثوقة ومُثْبَتة لتقيس على نحو مناسب ما المقصود بنجاح و/ أو فشل تقنية محددة. لقد ذكر أوروويتز، ويلير، أباتو، آيزنباخ، ديليناردو، هارث، باي، ليونارد (Urowitz, Wiljer, Apatu, Eysenbach, DeLenardo, Harth, Pai and Leonard, 2008) استطلاعاً حول تبني وانتشار EMR/ EHR ضمن المشافي الكندية وقد وجدوا أنّ 97.6% من مشافي CEOs – كما ورد– لا يستعملون هذه التقانات كوسط لحفظ المعطيات الرئيسي؛ في الواقع، أجاب 2.4% فقط بأنّ لديهم سجلات رقمية بنسبة تفوق 90%. إضافةً إلى ذلك، فإنّ أثرها البعيد في مجتمعنا ككل هو، على نحو مشابه، أمر صعب لكي ندرس تراكمه إذا علمنا أنّ معظم هذه التقانات ما زالت خاضعة لطور الانتشار الأولي والمحاولات للقيام بدراسات طويلة الأمد عليها يمكن فقط أن تجري في وقت ما في المستقبل.

في الواقع، قد لا تعود تقانات مثل EMRs/ EHRs معتبرة على أنها في المقدمة ضمن حلول الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة، إذا بزغت تقانات جديدة، تضمّ نظم

إدخال أوامر الطبيب المحوسبة (Computerized Physician Order Entry) (CPOE) غينير، بانشيري و زهانغ (Gainer, Pancheri and Zhang, 2003)، وتلفاز الويب (Web TV) للمرضى الذين يتعافون في المنزل كادويل و روجرز (Cadwell and Rogers, 2000)، والتجهيزات الطبية اللاسلكية الملبوسة، وتطبيقات أخرى للطب من بُعد مثل المفكِّرات الإلكترونية للتمارين والأغذية (eFEDs; Dohan and Tan, 2011)، والمستعملة لإدارة فرط الوزن. ومع ذلك، فإنّ الكثير من مؤسسات الرعاية الصحية ما زالت متأخرة في الهجرة من النظم الموروثة إلى استعمال تقانات جديدة، وهذا بدوره سوف يحدّ في ما بعد من قدرة الباحثين على إجراء تقييم ذي قيمة لهذه التقانات الجديدة وآثارها على مزودي الرعاية والمرضى. بكلمات أخرى، في الوقت الذي يصبح فيه الباحثون قادرين على الشروع بدراسات مصممة جيداً حول تطبيقات محددة من الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة، من الممكن أن تكون القيمة المستشعرة وإمكانات مثل هذه التطبيقات قد أصبحت نوعاً ما رثّة، عفا عليها الزمان. ببساطة، إنّ الأبحاث حول تطبيقات هذه التقانات الجديدة صعبة التنفيذ بسبب الخطوات المتسارعة لتقدم الابتكارات التقنية وهكذا فإنّ تقديم توجيهات مطلوبة تعتمد على الدلائل في ما يخصّ الانتشار والاستعمال المناسب لهذه التقانات يمكن أن يصبح على الغالب قليلاً جداً أو متأخراً جداً.

مع ذلك، فإنّ التوجيهات المعتمدة على دلائل من تقييمات موثوقة جيداً هي أساسية لإعطاء رؤى وتبريرات مترابطة حول أسباب وكيفية العمل الفعلي لهذه الحلول التقنية الجديدة وذلك عند ترجمتها إلى الممارسات السريرية، وهكذا، تساعدنا بأن نوجه أكثر الاستعمالات المستقبلية والتطبيقات الناجحة لهذه التقانات الجديدة ذات العدد المتزايد باستمرار. وبينما هنالك الكثير من الدلائل المعتمدة على القصص (غير موثوقة)، وقبول القيمة الظاهرية، والاستعمال و/ أو التبني لحلول برمجية من بائع متحمس، واستراتيجيات تقنية مدفوعة من طرف ثالث وسيط، فإنّ عدم كفاية الدلائل التجريبية حتى الآن يُظهر نتائج مختلطة كما يبدو من الحالات التي أشرنا إليها سابقاً. لذلك فإنه أمر أساسي أن

يجري تحديد تلك الحالات والشروط المحددة التي ستؤثر فيها تطبيقات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة بصورة إيجابية على الأفراد المستعملين، ومؤسسات الرعاية الصحية المتأثّرة بما يعزز إنجازاتها، والمجتمع بصورة عامة.

ولإغلاق هذا النقاش، سوف نشير إلى دراسة حديثة حول تطوير وتطبيق (DiaMonD) – وهو هاتف نقال لاسلكي يمكن أن يسهّل المراقبة الذاتية والرعاية الذاتية لمرضى السكري وقد طُوِّر من قبل (INET) – لتوضيح وتلخيص الأفكار المناقشة سابقاً. في ما يتعلق بالعوائق أمام نمو واستدامة DiaMonD لدينا:

1. تكلفة الإقلاع والصيانة – ناقش ويكراماسينغ، تروشاني، غولدبرغ (Wickramasinghe, Troshani and Goldberg, 2010) أنّ (DiaMonD) مكلف جداً لمرضى السكري وتكاليف الصيانة المستمرة سوف تكون محصورة بصورة رئيسة بالقيام بنقل المعطيات من خلال تجهيزة نقالة، وتحديداً فإنّ مثل هذه التكلفات يمكن أن تضمّ خدمة إرسال الرسائل النصية أو إرسال قراءات مستويات السكر المقيسة بـ HA1C، وفي بيئة سوق تنافسية في مجال التجهيزات النقالة، فإنّ هذه التكلفات هي أيضاً مرشّحة للانخفاض في نهاية المطاف. وعلاوة على ذلك، من المتوقّع أنّ الكثير من مرضى السكري اليوم لديهم هواتف نقّالة، آخذين بالاعتبار المستوى العالي لمعدّل تغلغل النقّال عالمياً. من الواضح أنه إلى جانب تكاليف الإقلاع المطلوبة مثل التسجيل في خدمة الهاتف النقال على نفقة المرضى، سيتأثر أيضاً مزوِّدو الرعاية بتكاليف الإعدادات الأولية، والبنية التحتية الداعمة، الصيانة. وسوف تعمل هذه التكاليف كعوائق أمام تبني DiaMonD؛
2. تحدي العملانية البينية – يبدو أنّ النظم الموروثة المجزّأة والمعزولة إضافة إلى غياب المعايير ستكون عوائق أساسية تجاه اعتماد DiaMonD. غير أنّه لمواجهة تحدي العملانية البينية في حالة كهذه، حيث تلزم المشاركة فقط مع بعض مزودي الرعاية لمراقبة سجلات المريض، يكون الحلّ فقط مسألة توظيف للعاملين التقنيين المناسبين

لتحقيق تكامل النظام. وإلا، فمن الممكن لكامل مؤسسات التزويد المتعددة أن تهاجر إلى حل مؤسساتي عملاني بيني بصورة كاملة أو إلى نظام متكامل كلي معد لربط استعمال جميع تجهيزات النقال المنجَّزة في منزل كل مريض مع التجهيزات المستعملة في المنشآت الطبية ما دامت هنالك إرادة سياسية قوية لفعل ذلك.

3. ممانعة المستعمل وقضايا الاستدامة – تجب الإشارة إلى أنّه وبينما يمكن أن تكون تكلفات التحديات التقنية مثل مسائل العملانية البينية عالية، فإنها بمعظمها تكون دفعة واحدة في البداية مع الحاجة إلى الاستخدام المستمر لتقنيّ من أجل الصيانة المستمرة. وعلاوة على ذلك، تمثل مثل هذه التكاليف فقط جزءاً صغيراً من تكاليف إنجاز التقانة الجديدة، بالمقارنة مع التكاليف المستمرة للتعامل مع مقاومة المستعمل وتعليم مزوّد الرعاية وتدريبه على تطبيقات تقانة المعلومات الصحية واستدامتها.

بالنسبة إلى المرضى، فإنّ (DiaMonD) يؤدي بالفعل إلى تفاعل متبادل أقل، وجهاً لوجه، بين مزودي الرعاية والمرضى، الأمر الذي يمكن أن يُقاوَم خصوصاً من قبل المرضى الكبار السن أو مجموعات معينة من المرضى التي تقيّم "اللمسة الإنسانية". إضافة إلى ذلك، فإنّ الكثير من الأطباء والممرضات ليسوا محضرين جيداً لتغيير ممارساتهم والخضوع إلى إجراءات قياسية جديدة باستعمال هذه التقانات الجديدة، آخذين بالاعتبار حِمْل العمل المثقل أصلاً. ناقش ويكراماسينغ (Wickramasinghe et al. 2010) أنّ استعمال الهواتف النقالة كما يظهر في (DiaMonD) يقوّي فعلياً الحالة الاجتماعية للمستعملين، ومن ثمّ يلغي "العقدة الاجتماعية التي يمكن أن تحصل بتجهيزات بديلة واضحة التي تُستعمل لمراقبة الأمراض المزمنة."

4. التشريعات وقضايا الخصوصية – وتماماً مثل أيٍّ من التقانات الجديدة، فإنّ الثقة هي قضية أساسية في تحديد تبني واستعمال (DiaMonD)، على أي حال، فقد أُخبِرنا بوضوح أنّ الخصوصية والسرية والوثوقية والحماية لمعلومات المريض قد جرى تضمينها في نموذج تطوير (DiaMonD). ناقش (Wickramasinghe et al., 2010)

مرة ثانية، بأنّ القلق بشأن الأمن والخصوصية يمكن أن يختفي مع مرور الزمن والنضج ومع انتشار تقانات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة.

حتى هذه النقطة، نرى مجموعة واسعة من أدبيات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة تُركِّز على إدارة معرفة الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة والحاجة إلى إدارة تغيير مستمر مع إدخال التقانات الجديدة مثل DiaMonD. تناقش الأدبيات أيضاً العوائق العامة مثل قضايا الاستدامة والتكاليف و/ أو العوامل المسهِّلة مثل وجود رؤية استراتيجية، وبنية تحتية لتقانة المعلومات الصحية ممولة جيداً وبرنامج تعليم وتدريب مُحوِّل نحو مهارات الصحة الإلكترونية/ الصحة النقالة وجاهز للاستخدام. ولكن، ما ينقص هو تحديد معالجة نوعية أكثر عمقاً للإجابة عن السؤال: **كيف تستطيع تقانة جديدة مثل** (DiaMonD) **تحديداً أن تساعد في قبول وتعلّم استعمال هذه التقانات؟** هل المرضى الذين يستعملون هذه التقانات الجديدة يقومون بقرارات أفضل وخيارات أذكى في ما يتعلق بعادات نمط حياتهم؟ وإذا كان الجواب لا، كيف يمكن أن يجري تحسين استعمال التقانة لتساعد المرضى في هذا الاتجاه؟ وماذا عن مزودي الرعاية؟ كيف يمكن لاستعمال هذه التقانات الجديدة أن يزيد من قدرتهم على معالجة مرضى السكر؟ وماذا عن تكيفها مع الاستعمال لأمراض مزمنة أخرى؟

وفي خضمّ هذه الأسئلة، يجب ألا تضيع مع ذلك إمكانية هذه التقانات على تحسين السيرورات السريرية نحو مخرجات إيجابية.

جوزيف تان

جامعة ماك ماستر، كندا

ميكائيل دوهان

جامعة ماك ماستر، كندا

شكر

المؤلفان ممتنان لسباندار سيبر (Sepandar Sepehr) نظراً لمساهماته.

المراجع

Besana, P., Cuggia, M., Zekri, O., Bourde, A., and Burgun, A. (2010). Using Semantic Web technologies for clinical trial recruitment. *Proceedings of the ISWC 2010 in Shangai, China, LNCS 6414*.

Botts, N., Thoms, B., Noamani, A., and Horan, T. A. (2010). Cloud computing architectures for the underserved: Public health cyberinfrastructures through a network of HealthATMs. *43rd Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1-10). IEEE.

Broderick, M., and Smaltz, D. (2003). *HIMSS e-health SIG white paper: E-health defined*. Chicago, IL: Healthcare Information and Management Systems Society.

Bruce, L. (1995). *Public libraries and the information age*. Retrieved on March 8th, 2011, at http://www. uoguelph.ca/~lbruce /documents/info.html

Caldwell, B. S., and Rogers, M. (2000). *HeartCare HouseCalls: Delivering Web-based health informatics without desktops*. CHI Development Consortium, April 1-6, 2000.

DeBakey, M. (1995). Telemedicine has now come of age. *Telemedicine Journal*, 1(1), 3–4.

Della Mea, V. (2001). What is e-health (2): The death of telemedicine? *Journal of Medical Internet Research*, 3(2), e22.

Dohan, M., and Tan, J. (2011). Electronic food and exercise diaries: Current issues and future research. In *Proceedings of AMCIS 2011*. Detroit, Michigan, USA, August 2011.

Eng, T. (2004). Population health technologies: Emerging innovations for the health of the public. *American Journal of Preventive Medicine*, 26(4), 237–242.

Eysenbach, G. (2001). What is e-health? *Journal of Medical Internet Research*, 3(2), e20.

Gainer, A., Pancheri, K., and Zhang, J. (2003). Improving the human computer interface design for a physician order entry system. *AMIA Annual Symposium Proceedings*, (p. 847).

Horvitz, E. J. (1992). Innovations at the human-computer interface: A medical-informatics perspective. *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality: Applications for 3-D Multimedia Technology in the Health Sciences*, San Diego, California, June, 1992.

Istepanian, R., Jovanov, E., and Zhang, Y. (2004). Guest editorial: Introduction to the special section on m-health: Beyond the seamless mobility and global wireless healthcare connectivity. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 8(4), 405–414.

Istepanian, R., and Laxminaryan, S. (2000). Unwired: The next generation of wireless and internetable telemedicine systems – Editorial paper. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 4, 189–194.

Istepanian, R. S., and Pattichis, C. S. (2006). Ubiquitous m-health systems and the convergence towards 4G mobile technologies. In Istepanian, R. S., Laxminarayan, S., and Pattichis, C. S. (Eds.), *M-health: Emerging mobile health system* (pp. 3–14). New York, NY: Springer.

Jones, V., Van Halteren, A., Dokovsky, N., Koprinkov, G., Peuscher, J., and Bults, R., Herzog, R. (2006). MobiHealth: Mobile services for health professionals. In R. S. Istepanian, S. Laxminarayan, and C. S. Pattichis (Eds.), *M-health: Emerging mobile health systems* (pp. 237-246). New York, NY: Springer.

Maheu, M., Whitten, P., and Allen, A. (2001). *E-health, telehealth and telemedicine: A guide to start-up and success.* Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.

Mirza, F., and Norris, T. (2007). Opportunities and barriers for mobile health in New Zealand. Studies in health technology and informatics, vol. 129. Proceedings of the 12th World Congress on Medical Informatics, *MEDINFO 2007*, Brisbane, Australia.

Mirza, F., Norris, T., and Stockdale, R. (2008). Mobile technologies and the holistic management of chronic diseases. *Health Informatics Journal*, 14(4), 309–321.

Moehr, J., Schaafsma, J., Anglin, C., Pantazi, S., Grimm, N., and Anglin, S. (2006). Success factors for telehealth – A case study. *International Journal of Medical Informatics*, 75, 755–763.

MyOscar. (2011). Retrieved March 8th, 2011 from

Norris, A., Stockdale, R., and Sharma, S. (2009). A strategic approach to m-health. *Health Informatics Journal*, 15(3), 244–253.

Office of the Privacy Commissioner of Canada (OPCC). (2009). *Privacy legislation in Canada.* Retrieved on February 20, 2011, from *http://www.priv.gc.ca/fs-fi/02_05_d_15_e.cfm*

Oh, H., Rizo, C., Enkin, M., and Jadad, A. (2005). What is e-health (3): A systematic review of published definitions. *Journal of Medical Internet Research*, 7(1), e1.

Pagliari, C., Sloan, D., Gregor, P., Sullivan, F., Detmer, D., Kahan, J., Oortwijn, W., and MacGillivray, S. (2005). What is e-health (4). A scoping exercise to map the field. *Journal of Medical Internet Research*, 7(1), e9.

Poon, C., Wong, Y., and Zhong, Y. (2006). *M-health: The development of cuff-less and wearable blood pressure meters for use in body sensor networks*. In Life Sciences Systems and Applications Workshop 2006, IEEE/ NLM, July 2006, 1-2.

Price, S., and Summers, R. (2002). Clinical knowledge management and m-health. *Proceedings of the Second Joint EMBS/BMES Conference*, Houston, Texas, USA, October 23-26, 2002.

Rastogi, A., Daim, T., and Tan, J. (2008). Charting health Information Technology futures for healthcare services organizations. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 3(1), 1–23.

Scott, J., Rundall, T., Vogt, T., and Hsu, J. (2005). Kaiser Permanente's experience of implementing an electronic medical record: A qualitative study. *British Medical Journal*, 331, 1313–1316.

Tan, J. (2005). *E-healthcare Information Systems: An introduction to students and professionals*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Tan, J. (with Payton, F. C.). (2010). *Adaptive health management Information Systems*. Sudbury, MA: Jones and Bartlett.

Tan, J. (2011). High-tech health. *Nature*, *470*, 328–329.

Tan, J., Hung, P., Dohan, M., Trojer, T., Farwick, M., and Tashiro, J. (2010). *Gateway to quality living for the elderly: Charting an innovative approach to evidence-based e-health technologies for serving the chronically ill*. 13th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering, Hong Kong, October 2010.

Tan, J., and Payton, F. C. (2010). Policy brief I: HIPAA, privacy, and security issues for healthcare services organizations. In Tan, J., and Payton, F. C. (Eds.), *Adaptive health management Information Systems* (pp. 280–290). Sudbury, MA: Jones and Bartlett Publishers.

Urowitz, S., Wiljer, D., Apatu, E., Eysenbach, G., DeLenardo, C., and Harth, T. (2008). Is Canada ready for patient accessible electronic health records? A national scan. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 8(33).

Van Halteren, A., Bults, R., Wac, K., Konstantas, D., Widya, I., and Dokovsky, N. (2004). Mobile patient monitoring: The MobiHealth system. *The Journal on Information Technology in Healthcare*, 2(5), 365–373.

Walker, A. (2006). Case study: Leading change across two sites: Introduction of a new documentation system. *Nursing Leadership*, 19(4), 34–40.

Walker, G., and Gish, O. (1977). Mobile health services: A study in cost effectiveness. *Medical Care*, 15(4), 267–276.

Wickramasinghe, N., Troshani, I., and Goldberg, S. (2010). *DiaMonD: Developing a diabetes monitoring device in the Australian context*. 23rd Bled

eConference: E-trust: Implications for the Individual, Enterprises and Society, June 20-23rd, Bled, Slovenia.

World Health Organization. (n.d.). *E-health for healthcare delivery: WHO report on e-health strategy 2004-2007*. Retrieved on February 4, 2011, from http://www.who.int/eht/ en/eHealth_HCD.pdf

الفصل الأول

استرجاع الصورة على أساس المحتوى لتطوير أساليب التشخيص الطبي والمعالجة والتعليم

رودني ل. لونغ
المكتبة الوطنية في الطب NIH، الولايات المتحدة الأميركية

سمير أنتاني
المكتبة الوطنية في الطب NIH، الولايات المتحدة الأميركية

جورج ر. توما
المكتبة الوطنية في الطب NIH، الولايات المتحدة الأميركية

توماس م. ديسرنو
جامعة آخن RWTH، ألمانيا

ملخص

لقد جرى اقتراح تقانة استرجاع الصورة على أساس المحتوى (CBIR) ليس لفائدة إدارة المجموعات ذات السعات المتزايدة من الصور الطبية فقط، بل أيضاً للمساعدة في الرعاية السريرية، والأبحاث الطبية الحيوية، والتعليم. لقد استنتجنا، استناداً إلى استعراض للأدبيات، أنّ هناك حماسةً واسعة النطاق لتقانة استرجاع الصورة على أساس المحتوى بين مجموعات الأبحاث الهندسية، ولكن لا تزال تطبيقات هذه التقانة في حل مشاكلَ

طبيةٍ عمليةٍ هدفاً علينا السعي لتحقيقه. علاوة على ذلك، فإننا نسلط الضوء على الثغرات بين الوظائف المرجوّة من نظم استرجاع الصورة على أساس المحتوى، وما جرى إنجازه حتى تاريخه، ونعرض تحليلاً مُقارناً بين أربعة من أحدث التطبيقات في استرجاع الصورة على أساس المحتوى، معتمدين مُقاربةَ الثغرات للتوضيح، ومقترحين أنّ الأولوية تكمُن في سد الثغرات في واجهات (CBIR) ووظائفه التي تخدم بأسلوب أفضل مجتمعات الأبحاث السريرية والطبية الحيوية.

مقدمة

تؤدي المعلوماتية وعلوم الحاسوب دوراً مفتاحياً في تطوير تقانات جديدة لتحسين الرعاية الصحية والممارسات السريرية. إنّ استعمال التقانة في الرعاية الصحية وتحرّي الأمراض حقلٌ نشط جداً في الأبحاث الجارية، ويجري استعراضه تكراراً في الأدبيات العلمية، مثلاً من قِبَل هوكس (Haux, 1989, 2002a, 2002b, 2006, 2010)، وغيره هاسمان، كوليكوفسكي (Hasman, 1996; Kulikowski, 2002)، وهو يعكس التقدم السريع في تقانة الحاسوب والأداء. في المعلوماتية الطبية نتحدث عن "لوجستيات المعلومات" عندما نهدف إلى الإشارة إلى "توفير المعلومات الصحيحة، في الوقت الصحيح، وفي المكان الصحيح" ريشيرتز (Reichertz, 1977, 2010). ولقد جرى إنجاز العديد من معالم لوجستيات المعلومات واستعراضها في الأدبيات التقنية (Haux, 2006, 2010). ولكن في ما يخصّ **الصور** الطبية، ما يزال الاسترجاع من أنظمة الاتصال وأرشفة الصور (PACS) (Picture Archiving and Communication Systems) يعتمد على الشروح النصّية المرافقة للصور مثل نص التشخيص، أو ببساطة اسم المريض، أو تاريخ أخذ الصورة، أو أي معلومات مترفّعة (Meta-Information) مرتبطة بالدراسة.

وفي المُقابل تستفيد تقانة استرجاع الصورة على أساس المحتوى (CBIR) من المحتوى المرئي في معطيات الصورة. ولقد كانت تطرح للنقاش مسألة المنافع الموعودة

لتقانة (CBIR) لمصلحة المجتمع الطبي منذ ما يزيد عن عقد من الزمن. ولقد ذكر تاغار (Tagare) وآخرون، منذ نحو خمسة عشر عاماً، الأثر المتوقع من النفاذ إلى أرشيف الصور الطبية، ومن التنقيب في معطيات الصور اعتماداً على محتوى الصور عوضاً عن الوصف النصّي لهذه الصور (Tagare, 1997)، وفي السنوات التي تلت أصبحت تقانة (CBIR) في الطب موضوع بحث مهم (Deserno, 2009; Long, 2009). ولقد جرى اقتراح هذه التقانة بهدف إدارة مجموعات الصور الطبية الحيوية ذات الحجوم المتزايدة، إلى جانب مساعدة الطب السريري، والأبحاث والتعليم أنتاني، مولر (Antani, 2008; Müller, 2004). يمكن النظر إلى تقانة CBIR على أنها مجموعة من الطرائق التي تتيح **(1)** تصنيف الصور على أساس مميزات محتواها المرئي و**(2)** استرجاع الصور اعتماداً على وجه الشبه بينها وبين هذه المميزات، الذي يُعبّر عنه في التساؤلات المطروحة على نظام (CBIR). يمكن أن تشتمل هذه المميزات، التي يُشار إليها جماعياً باسم "توقيع" صورة، على الشدّة – أو الكثافة – واللون والبنية والشكل والقياس والموضع أو على تركيبة من هذه الصفات. نموذجياً يمكن طرح الاستعلام بصيغة رسم تقريبي أو من طريق اختيار صورة مثال، أو بشكل تركيب من هاتين الطريقتين. وعادة يجري ترتيب نتائج الاسترجاع وفق بعض المعايير، ولكن جرى أيضاً استعمال طرائق أخرى مثل تجميع الصور المتشابهة، لتنظيم النتائج.

تعتمد التطبيقات العملية لاسترجاع الصورة على أساس المحتوى على العديد من التقنيات والتقانات المختلفة، وعادة ما تُطبّق هذه التقنيات عند مراحل مُعالجة متعدّدة، وذلك في حالة سير العمل لأجل كل من الفهرسة أو الاسترجاع. يمكن أن تشمل هذه التقنيات: تقطيع الصورة، واستخلاص القَسَمات، وفهرسة القسمات، وتخزين فهارس القسمات في قاعدة البيانات، وحساب تشابهات الصور، وتعرّف الأنماط، وضغط الصور وتشبيكها بهدف تخزينها ونقلها، وتقانات الإنترنت مثل (JavaScript) و(HPH) و(Ajax) و(Applet/ Servelet). ويمكن أيضاً للعوامل البشرية واعتبارات قابلية الاستعمال أن تؤدي

دوراً في تصميم النظام، وإنجازه، وذلك مع أنها لا تُعطى حقها من الاهتمام كما سنناقش لاحقاً. وحديثاً جرى إقحام معالجة اللغات الطبيعية، في محاولة للاستفادة من الوصف النصّي لمحتوى الصورة ومن توفر مفردات قياسية نيفيول (Névéol, 2009). يمرّ تطوير تطبيقات ناجحة لاسترجاع الصورة على أساس المحتوى (CBIR) عبر الاختيار الدقيق للطرائق المُناسبة من هذه المجالات.

تشير الأدبيات التقنية على نحو منتظم إلى تتجيزات تجريبية لخوارزميات (CBIR)، وإلى نماذج أولية للأنظمة، ومع ذلك يبدو أن تطبيق تقانة (CBIR) سواء في الأبحاث الطبية الحيوية أو في الاستعمال السريري الروتيني ما يزال محدوداً جداً. ورغم وجود حماس واسع الانتشار لتقانة (CBIR) في مجتمع البحث الهندسي، لا يزال إقحام هذه التقانة في حل مشاكل طبية عملية أمراً ينتظر أن يتحقق. تشتمل العوائق أمام استعمال (CBIR) في الطب على:

- فقدان التعاون المُنتِج بين الخبراء من الأطباء والمهندسين وهو مرتبط بقوة بمميزات قابلية الاستعمال والأداء لأنظمة (CBIR).
- عدم وجود تمثيل فعلي للمحتوى الطبي بواسطة قَسَمات رياضياتية من المستوى المنخفض.
- عدم وجود تقييم عميق لأداء أنظمة (CBIR) وفوائدها على العناية الصحية.
- غياب الأدوات المناسبة للخبراء من الأطباء لتجريب تطبيقات (CBIR)، وهذا مجدداً يرتبط بمميزات قابلية الاستعمال والأداء لأنظمة (CBIR).

تعتمد مُقاربتنا على أخذ هذه العوامل الأربعة: **المحتوى** و**القسمات** و**الأداء** و**قابلية الاستعمال** بصفتها أساسيّة في تصنيف أنظمة (CBIR) ومُقارنتها، ونستعمل هذه المفاهيم في هذا النقاش بصفتها:

- مبدأ تنظيمياً لفهم "الفجوات"، أي ما ينقص في أنظمة (CBIR) الطبية.
- أداة لتفسير التوجهات الرئيسة وموضوعات أبحاث (CBIR) على مدى عدد من السنوات السابقة.

- وقالباً لإجراء مقارنة منهجية بين أربعة من أنظمة (CBIR) طبية حيوية.

كثيراً ما جرى استعمال مفهوم **الفجوات** في أدبيات استرجاع الصورة على أساس المحتوى، حيث كان مثال الثغرة أو الفجوة الدلالية أكثر الأمثلة شهرة أنتاني ومولر (Antani, 2008; Müller, 2004). لقد عالجنا "مفهوم الفجوات" هذا بصفته صيغة نموذجية لتحقيق فهم واسع لماهية النقص في أنظمة (CBIR)، ووسّعنا فكرة الفجوة لتطبّق في جوانب أخرى من أنظمة (CBIR) أبعد من الفجوة الدلالية (Deserno, 2009). يمكن النظر إلى الفجوة الدلالية بأنها انكسار أو انقطاع في جانب **فهم الصورة**، حيث "الفهم البشري" من جهة و "الفهم الآلي" من جهة أخرى. وبالمثل يمكننا تمييز انكسارات أو انقطاعات في جوانب أخرى من أنظمة (CBIR)، وهذا يشمل مستوى الأتمتة في استخلاص القَسَمات، حيث الأتمتة الكاملة من جهة، والاستخلاص اليدوي التامّ من جهة أخرى، وتمثل الدرجة التي يساعد فيها النظامُ المستعمل في صقل وتحسين استعلامه مثالاً آخر، حيث نجد من جهة أولى خوارزميات تحسين وتصفية نتائج الاستعلام "الذكية" القائمة على تحديد المستعمل للنتائج "الجيدة" و"السيئة"، ونجد في المقابل غياباً كاملاً لأي إمكانات صقل لهذه النتائج.

- تقترن كل فجوة بجانب من جوانب نظام (CBIR) يجري التعامل معه أثناء التنجيز تعاملاً صريحاً أو ضمنياً.
- وتقسم هذه الفجوة ذلك الجانب بين ما يمكن أن يكوّن تطبيقاً كاملاً وأكثر قوّة وما يمكن أن يكوّن إنجازاً أقل قوة.
- وترتبط بكل فجوةٍ طرائقُ لسدّها أو تقليصها.

المواد والطرائق

بهدف إعطاء تقييم بأثر رجعي لاسترجاع الصورة الطبية على أساس المحتوى، بحثنا في الإنترنت عن مقالات تقنية مرتبطة بالأبحاث المتعلقة باسترجاع الصور الطبية واستعمالها، بهدف تحديد المجالات حيث تتركز هذه الأبحاث والاستعمالات. وباستعمال

مفهوم الفجوات (Deserno, 2009)، نوضح أيضاً الفروق ذات الصلة بين أنظمة (CBIR) الطبية الحالية، وذلك على أساس أربعة تتجيزات حديثة لمثل هذه الأنظمة. واعتماداً على هذا التحليل، نقترح توجهات مستقبلية لعمل أنظمة استرجاع الصورة على أساس المحتوى، بهدف تطوير استعمال هذه التقانة في الممارسة الطبية.

التقييم بأثر رجعي

بصفتها قياساً للنشاط البحثي في حقول جزئية متنوعة من مجال استرجاع الصور الطبية، وبهدف الحصول على تقييم للأهمية النسبية التي تُعطى لمقارعة فجوات نظام بعينه، استطلعنا المراجع بحثاً عن المصطلحات الشائعة الاستعمال في مجال استرجاع الصور الطبية في عشرين مجلّة وعلى مدى السنوات 2010-2001. (جرى الاستطلاع في شهر تشرين الأوّل/ أكتوبر من عام 2010، لذلك هو لا يغطي كامل عام 2010). جرى اختيار المجلات باستعمال معايير اختيار غير رسمية، ولكن مع هدف توفير تمثيل واسع للمنشورات الرئيسية التي تتحدث عن نتائج الأبحاث المتعلقة باسترجاع الصور الطبية، وهي تشمل مجلات في حقول الهندسة، والمعلوماتية الحيوية، والطب. المجلات وناشروها مسرودة في الملحق (1). ولقد اتبعنا منهجية مشابهة لتلك التي جرت مناقشتها في (Datta et al., 2008)، الذي قام بعملٍ مشابه يتعلق باسترجاع الصورة العامة. كان هدفنا من تعداد الاستشهادات ضمن المقالات المنشورة حول استرجاع الصور الطبية على أساس المحتوى، إيجاد تقريب لنسبة المنشورات التي اهتمت مباشرة بمختلف موضوعات البحث، والاستعمال، والتقانة الخاصة. وبحثنا باستعمال (Google Scholar) (http://scholar.google.com) عن مقالات تحتوي على جميع العبارات "Medical" أي طبي و"Image" أي صورة و"Retrieval" أي استرجاع و"Contant-Based" أي على أساس المحتوى، وكانت تحتوي على جملة متطابقة مع جملة البحث (search-phrase) تطابقاً تاماً، حيث كانت جملة البحث إحدى الجمل المبينة في (الجدول 1).

أحدث ما توصل إليه العلم

لقد ميزنا في (Deserno, 2009) نحو أربع عشرة فجوة، ونظمناها في فئات الفجوات الأساسية المشار إليها سابقاً: "فجوات المحتوى" و"فجوات القسمات" و"فجوات الأداء" و"فجوات قابلية الاستعمال". وهناك إلى جانب الفجوات، مميزات أخرى مفيدة في تحديد وتمييز أنظمة (CBIR) الطبية. وهنا أيضاً جمّعنا في (Deserno, 2009) هذه المميزات في فئة عامة تحت اسم "مميزات النظام"، التي تصنّف بحد ذاتها كما يلي:

الجدول (1). جُمل البحث المستعملة عند البحث في الأدبيات مع اختصاراتها

	(Search_Phrase)	**جملة البحث**	**الاختصار**
1	Content Based	على أساس المحتوى	CB
2	Performance	أداء	PERF
3	Similarity	تشابه	SIM
4	Statistical	إحصائي	STAT
5	Learning	تعلّم	LRN
6	Indexing	فهرسة	INDX
7	Modeling	نمذجة	MOD
8	Web	ويب	WEB
9	Interactive	تفاعلي	IACT
10	Visualization	إظهار	VIS
11	Semantic	دلالي	SEM
12	Registration	تسجيل	REG
13	Relevance Feedback	التغذية الراجعة ذات الصلة	RF
14	User Interface	واجهة المستعمل	UI

MOBL	متنقّل	Mobile	15
IGD	موجّه بالصورة	Image Guided	16
RADT	العلاج الشعاعي	Radiation Therapy	17

جُمعت هذه الجمل مع الكلمات ("Medical" و"Image" و"Retrieval" و"Content-Based") ، مرتبةً تناقصياً بالنسبة إلى عدد الاستشهادات. الاختصارات مستعملة في (الشكل 1).

- "الغرض والمعطيات" (الهدف من استعمال (CBIR) في النظام بحد ذاته، والمعطيات المستعملة فيه).
- "الدخل والخرج" (المحتوى النوعي للدخل والخرج).
- "القسمات والتشابه" (نوع القسمات، ومقاييس المسافة المستعملة في النظام).

لقد اقترحنا استعمال مفهوم الفجوات، مُتمَّماً بمميزات النظام، بصفتهما منهجيةً عامّة للتقييم المقارن بين أنظمة (CBIR)، وبهدف تخطيط تصميم أنظمة جديدة. يُمثّل هذا التنظيم على أساس المفاهيم، جهداً نحو توضيب الدروس التي تعلّمناها في أدبيات (CBIR) المنشورة بأسلوب منظّم، ونحو جعل مُقارنة الأنظمة أكثر شمولاً وعمليّةً.

نوضّح في هذا الفصل التطبيق الواقعي لهذه المفاهيم على أربعة أنظمة (CBIR) طبية من أحدث ما توصل إليه العلم، وهي متوافرة للعامّة على الخطّ عبر الإنترنت. لقد جرى تطوير هذه الأنظمة من قبل واحد على الأقل من كتّاب هذا الفصل، لذلك لدينا فهم عميق لمميزات النظام ولتحليل الفجوات الذي نقدّمه، مما يجعلنا نتفادى بعض المشاكل المرتبطة عموماً بالحكم على عمل باحثين آخرين.

نظرة على التوجهات المستقبلية

استناداً إلى استعراضنا للأدبيات ذات الأثر الرجعي، وإلى النظرة العامة على مقارنة الأنظمة التي كوّناها، نقترح مجالات ذات أولوية عالية، تؤدي دوراً حرجاً في نقل

(CBIR) نحو الاستعمال الطبي العملي. إنّ هذا الجزء ذاتي بطبيعته، وهو لا يمثّل حقائق موضوعية بل أفضل الأحكام التي وصل إليها المؤلفون.

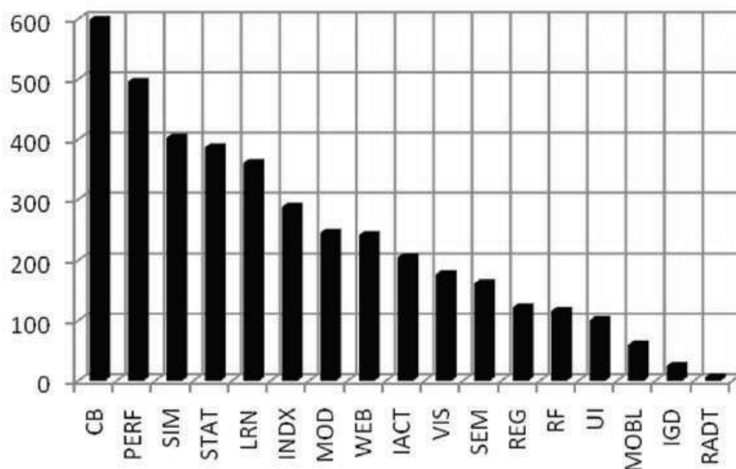
تقييم رجعي لأنظمة CBIR الطبية

لقد استذكر مولر وآخرون (Müller et al, 2004) بدايات الاستعمال الطبي لأنظمة (CBIR). وكما ذكرنا آنفاً، نحن نركّز على السنوات 2001 حتى 2010. يبيّن **(**الشكل 1**)** بيانياً عدد الاستشهادات الراجعة من البحث عن كل واحدة من جمل البحث.

على ماذا أكّد الباحثون في CBIR

يبيّن التمحيص في **(**الشكل 1**)** ما يلي: أولاً، هناك عدد كبير من الاستشهادات لجملة "استرجاع الصورة على أساس المحتوى" وهذا ما يدعم فكرة أنّ معظم العمل البحثي الهندسي في مجال استرجاع الصورة الطبية في الفترة موضوع الدراسة كان في الحقيقة متعلقاً باسترجاع الصورة على أساس المحتوى (CBIR). وتشير العبارات الأخرى القريبة من الحد الأعلى لسلّم الاستشهادات أنّ مجمل اهتمام الأبحاث كان في مجالات الأداء، وقياس التشابه، والطرائق الإحصائية، والتعلّم. أمّا إذا أردنا التعبير عن ذلك بدلالة الفجوات التي جرى التعرّض لها، فتسعى الدراسة لدعم وجهة النظر أنّ معظم جهود البحث في مجال (CBIR) على مدى السنوات المدروسة كان موجهاً نحو "فئة فجوة القسمات"، أي مجموعة الفجوات التي تتعاطى مع استخلاص قسمات رياضياتية من الصور.

الشكل (1). نتائج البحث عن الاستشهادات في المجلات(عن العبارات في المقالات حول استرجاع الصورة الطبية على أساس المحتوى) في مجالات الفترة 2010-2001. لرؤية قائمة المجلات راجع الملحق (1)، ولشرح الاختصارات انظر **الجدول (1)**.



ما الذي لم يؤكده الباحثون في CBIR

شملت العبارات القريبة من الحد الأدنى لسلّم الاستشهادات عبارات التغذية الراجعة ذات الصلة وواجهة المستعمل. وتظهر التفاعلية عند منتصف تراتيب الاستشهادات. ونلاحظ أنّه على الرغم من وجود عدد كبير نسبياً من الإشارات إلى كلمة "Web" (شبكة عنكبوتية) في المجلات، إلاّ أنّ العدد الأصغر بكثير من الإشارات إلى "User Interface" (واجهة المستعمل) يشير إلى أن الإشارات إلى الويب (الإنترنت) لم تكن حقيقة إشارات إلى واجهات المستعمل الشبكيّة بل كانت تقديراً معنوياً لدور الويب. أما بدلالة الفجوات التي لم يجرِ التعرّض لها، أو كان التعرض لها ضعيفاً، فيبدو أنّ جزءاً ضئيلاً نسبياً من الجهد البحثي في مجال (CBIR) قد وُجّه لمعالجة "فئة فجوة قابلية الاستعمال".

توضيح: آخر ما توصل إليه العلم في أنظمة CBIR الطبية

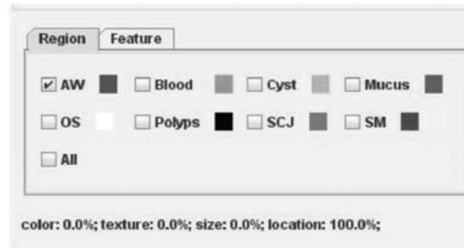
في هذا المقطع، نعرض تطبيقاً حقيقاً لتحليل نظام بواسطة الفجوات ومميزات النظام، لأربعة من أنظمة (CBIR) الطبية.

نظام (CervigramFinde)

غرض النظام يعمل نظام (CervigramFinder) (Xue, 2008) على صور عنق الرحم (التي تسمى أيضاً سرفيغرام Cervigrams) ولقد جرى إنشاء هذا النظام انطلاقاً من جهود تعاونية بين المعهد الوطني للسرطان (National Cancer Institute) (NCI)، والمكتبة الطبية الوطنية (National Library of Medecine) (NLM) بهدف دراسة سرطان عنق الرحم. هذا السرطان يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالإنتانات المزمنة لبعض أنواع فيروس الورم الحليمي البشري (HPV). إنّ تصوير عنق الرحم هو إحدى الطرائق الناجعة من حيث التكلفة للبحث بصرياً عن الأذيات ما قبل العدوانية في عنق الرحم أو عن السرطان. يعتمد البحث على أساس تصوير عنق الرحم على ظاهرة الابيضاض الخلّي، غالباً يبيضّ النسيج المصاب بفيروس (HPV) بعد معالجته بحمض الخل بتركيز % 55−3. إنّ صورة سرفيغرام هي صورة فوتوغرافية 35mm لعنق الرحم مأخوذة بعد مرور دقيقة تقريباً على التعرض لحمض الخل. لقد أنشأت NLM قاعدة بيانات من السرفيغرامات تحتوي على نحو مئة ألف منها، كانت قد أُخذت أثناء مشروعين أساسيين حول سرطان عنق الرحم أُجريا من قِبَل المعهد الوطني للسرطان لدراسة التاريخ الطبيعي لإصابة HPV وللتنشؤ الورمي في عنق الرحم، مشروع غواناكاست (Guanacaste) ومشروع ALTS هيريرو، شيفمان(Herrero, 1997; Schiffman, 2000). وكذلك نجد في قاعدة البيانات، إلى جانب السرفيغرامات، المعلومات السريرية، والسيتولوجيّة (أي المتعلّقة بالخلايا) والجزيئية المقترنة بها، والتي جُمعت لمصلحة هذين المشروعين.

الشكل (2). (a) واجهة CervigramFinder؛ لوحة "القسمات" إلى أسفل اليسار تشير إلى أنّ المستعمل يبحث عن "الموضع". **(b)** واجهة CervigramFinder؛ لوحة "المنطقة" تشير أنه يمكن للمستعمل أن يقصر بحثه على أنواع المناطق المسمّاة دلالياً، مثل "دم"، "خلايا"، وغيرها.





الواجهة، يعمل نظام (CervigramFinder) على مجموعة جزئية من قاعدة بيانات السرفيغرامات. وبهدف استعمال هذا النظام، يُعرّف المستعمل منطقة استعلام من طريق

تحديد المنطقة موضع الاهتمام على صورة بواسطة واجهة المستعمل المبينة في الشكلين (2a) و(2b) . (في الاستعلام المبين في هذين الشكلين، يبحث المستعمل عن قسمات الموضع ويقتصر بحثه على المناطق التي تمتلك التسمية الدلاليّة "AW" التي تدل على الابيضاض الخلّي). بعدئذ **(1)** يحسب النظام متجه القَسمات لمنطقة الاستعلام تبعاً للقسمات المطلوبة، **(2)** ويُقارن مُتّجه القسمات لهذا الاستعلام مع متجهات القسمات المحسوبة سابقاً للمناطق المخزّنة في قاعدة البيانات. ثُم ترتب المناطق الراجعة من النظام تبعاً لدرجة تشابهها مع متجه القسمات المعطى، على شاشة متعددة الصور، مع النصوص المقترنة بها. أمّا القسمات المرئية المستعملة فهي اللون، والبنية، والقياس. الشكلُ بصفته قَسَمة أقلُ أهمية لتحديد أو تمييز المناطق في هذا التطبيق، لأنّ نوع هذه الأنسجة لا يُبدي أي شكل خاص، باستثناء مناطق الفوهة (الفوهة هي الفتحة في الرحم) ذات الشكل البيضوي إلى حد ما. وبهدف تسهيل تقييم النظام من قبل الخبراء من الأطباء الموجودين في مواقع مختلفة جغرافياً، وبهدف السماح بالولوج من بُعد إلى النظام النهائي سواء بهدف التشخيص أو لأغراض تعليمية، فقد جرى تنجيز النظام باستعمال إطار مخدّم/ زبون موزّع.

الفجوات ومميزات النظام، يبين الجدولان (2) و(3) فجوات ومميزات (CervigramFinder) بالترتيب، وهي توفر مقارنة جنباً إلى جنب مع أنظمة (SPIRS وIRMA وSPIRS-IRMA). هناك ثغرات أساسية يجب التعاطي معها في نظام (CervigramFinder) وهي تشتمل على النقاط التالية: في حالة فجوات القسمات، هناك نقص في التحليل المتعدد السلالم إذ لا يُستعمل إلاّ سُلّم واحد. وفي حالة فجوات الأداء، هناك نقص في التكامل مع نظام طبي حيوي ونقص في فهرسة قاعدة البيانات، وفي حالة فجوات قابلية الاستعمال، لا توجد إمكانية التغذية الراجعة من المستعمل حول التشابه النسبي بين الصور التي يقدمها النظام، كما لا توجد إمكانية تخصيص أو تمحيص الاستعلام المعروض. أمّا القدرات التي تعرضت، جزئياً على الأقل، لبعض الفجوات فهي،

في حالة فجوات المحتوى، تشتمل على التسميات الدلاليّة للمناطق في صور قاعدة البيانات؛ وفي حالة فجوات القسمات، تشتمل على استخلاص مُساعَد حاسوبياً للقسمات. (لفهرسة القسمات، على المستعمل أن يحدد يدوياً حدود المناطق المعنوية، ثُمّ تحسب خوارزميات رياضياتية القسمات من هذه المناطق)؛ وفي حالة فجوات الأداء، تشتمل على تنجيز على الإنترنت وتقييم نوعي للاسترجاع؛ وفي حالة قابلية الاستعمال، تشتمل من جهة أولى على استرجاع بناء على اختيار المستعمل لمناطق مهمة سابقة التخزين، ومن جهة ثانية بناءً على رسم تفاعلي مبسط من المستعمل. نلاحظ أيضاً أنه قد جرى تجريب (CervigramFinder) من قِبل عدد من الخبراء الأطباء، مع تسجيل رقمي لتفاعلاتهم مع النظام بهدف تحسين قابلية استعمال النظام. تشير مميزات نظام (CervigramFinder) إلى أنه موجه للبحث، والتعليم، والتعلّم. وهو يستعمل معطيات ثنائية البُعد، وهو يعمل على الصور فقط، سواء في الدخل أو الخرج. نلاحظ أيضاً أنّ CervigramFinder يعمل على الصور الملوّنة، ما يجعل منه فريداً في هذا الشأن بين الأنظمة الأربعة التي سنناقشها.

الجدول(2). مقارنة فجوات الأنظمة عبر أنظمة CBIR. (Deserno, 2009)

فئة الفجوة		Cervigram Finder	SPIRS	IRMA	SPIRS-IRMA
المحتوى	دلالي	يدوي	يدوي	لا يوجد	لا يوجد
	يستعمل السياق	ضيق	ضيق	ضيق	ضيق
القسمات	استخلاص	مساعَد حاسوبياً	مساعَد حاسوبياً	مؤتمت	مساعَد حاسوبياً
	بنية	موضعي	موضعي	شامل	موضعي
	سُلّم	منفرد	منفرد	منفرد	منفرد
	الحيّز+الزمن	لا يطبّق	لا يطبّق	لا يطبّق	لا يطبّق
	أبعاد القناة	لا يطبّق	لا يطبّق	لا يطبّق	لا يطبّق

الأداء	التطبيق	على الخط	على الخط	على الخط	على الخط
	التكامل	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
	الفهرسة	لا يوجد	مدعومة برمجياً (K-D Tree)	لا يوجد	لا يوجد
	التقييم	نوعي–900 سرفيغرام	نوعي–4514 صورة أشعة سينية للعمود الفقري	نوعي– 10000 صورة أشعة سينية	نوعي–4514 صورة أشعة سينية للعمود الفقري
قابلية الاستعمال	استعلام	هجين (تشكيل، رسم مبسط)	هجين (تشكيل، رسم مبسط)	نموذج	تشكيل
	تغذية راجعة	لا يوجد	أساسي	متقدم	متقدم
	تمحيص	لا يوجد	لا يوجد	تجميع تام	تجميع تام

دلالي/ يدوي: بعض تسميات الدلاليّة؛ **يستعمل السياق/** ضيق: عدد صغير من أنماط الصور؛ **سُلم/** منفرد: غياب السلالم المتعددة؛ **استعلام/** تشكيل: أشكال أو أنماط سابقة التخزين؛ **استعلام/** رسم مبسط: استعلام بالرسم؛ **تغذية راجعة/** أساسي: يقدم النظام مقاييس تشابه مع صورة استعلام واحدة؛ **تغذية راجعة/** متقدم: يقدم النظام مقاييس تشابه مع مجموعة من الصور؛ **تمحيص/** تجميع تام: يقدم النظام كامل تاريخ الاستعلام في جلسة، ويمكن تجميع الاستعلامات.

نظام (SPIRS)

غرض النظام، جرى تطوير نظام استرجاع الصورة وباثولوجية العمود الفقري

(Spine Pathology and Image Retrieval System) (SPIRS) هو (Hue, 2007) في المكتبة الوطنية للطب في الولايات المتحدة الأميركية بهدف استرجاع صور الأشعة السينية من مجموعة ضخمة من المعطيات تحوي نحو 17000 صورة شعاعية رقمية للعمود الفقري مع الحقول النصيّة المرافقة. يمكن للمستعملين البحث في هذه الصور من

طريق تقديم رسم أولي للفقرات، أو من طريق اختيار مثال على صورة فقريّة وموسطات نصية ذات صلة. ويمكن لباثولوجية ذات صلة أن تُضاف مُثقّلة على الصورة أو الرسم المبسّط لتحديد مدى الأهمية. يعطي هذا النمط الهجين نص– صورة من الاستعلام صوراً تحوي فقرات مماثلة مع الحقول النصّية ذات الصلة، وهذا ما يتيح للمستعملين فحص أي شواذ في الفقرات.

الواجهة، يوفر نظام SPIRS واجهة تخاطب على أساس الويب بهدف استرجاع الصورة باستعمال شكل الجسم الفقري. يتيح مُعالج استعلام للمستعملين أن يطرحوا استعلاماتهم إمّا من طريق رسم مبسط للشكل، أو من طريق اختيار أو تعديل شكل موجود من قاعدة البيانات. تُمكّن حقول نصيّة إضافية المستعملينَ أن يقدّموا استعلامات مرئيّة مع معطيات أخرى ذات صلة (مثل بيانات أنثروبومترية، موسطات تصوير كمية، ومعلومات ديموغرافيّة عن المريض). يمكن أن تضاف تعليقات باثولوجيّة ذات صلة إلى هذه الاستعلامات النصية الصوريّة الهجينة من طريق اختيار وتثقيل قَسمات موضعيّة للإشارة إلى أهميتها. تظهر نتائج الاستعلام في نافذة قابلة للتخصيص تعرض النتائج الأكثر تشابهاً مع المطلوب إلى جانب بيانات المريض المتعلّقة بها. يبيّن الشكل (3) واجهة تخاطب SPIRS.

الفجوات ومميزات النظام، تشابه العديد من الفجوات التي يجب التعرض إليها في (SPIRS) تلك الموافقة في (CervigramFinder)، وهي تشتمل على النقاط التالية: في حالة فجوات القسمات، هناك نقص في التحليل المتعدد السلالم. وفي حالة فجوات الأداء، هناك نقص في التكامل للاستعمال مع نظام طبي حيوي ونقص في التقييم الكمي، وفي حالة فجوات قابلية الاستعمال، لا توجد إمكانية تخصيص أو تمحيص الاستعلام المعروض. (ومع ذلك، انظر التعليقات حول "استكشاف المعطيات " لاحقاً). أمّا القدرات التي تعرضت، جزئياً على الأقل، لبعض الفجوات فهي، في حالة فجوات المحتوى،

التسمية اليدويّة للفقرات بناءً على النوع التشريحي؛ وفي حالة فجوات القَسَمات، استخلاص للقسمات بمساعدة الحاسوب (تُستعمل خوارزمية محيط نَشط لإيجاد الحدود التقريبيّة للفقرات في الصور؛ يمكن بعدئذٍ تدقيقها وتصحيحها يدوياً)؛ وفي حالة فجوات الأداء، هناك فهرسة لمتجهات القسمات بواسطة K-D Tree، وتقييم نوعي؛ وفي حالة فجوات قابلية الاستعمال، هناك دعم لكل من الاستعلامات بالتركيب، والاستعلامات التفاعلية بواسطة الرسم المبسط من قبل المستعمل (Deserno, 2009). نلاحظ أيضاً أنّ SPIRS يمكّن ليس فقط من تحديد الشكل الذي يجب استعماله في الاستعلام فحسب بل، تحديداً، أي جزء يجب استعماله منه، فيُسمح للمستعمل أن يركّز على مستوى الدقّة في البنية، وهو أمر أساسي عند تفسير الصور الطبية الحيوية.

الجدول (3). مقارنة مميزات الأنظمة

فئة الفجوة		Cervigram Finder	SPIRS	IRMA	SPIRS-IRMA
الغرض والمعطيات	غرض النظام	هجين (بحث، تعلّم، تعليم)	هجين (بحث، تعلّم، تعليم)	هجين (بحث، تعلّم، تعليم)	هجين (بحث، تعلّم، تعليم)
	منطلق المعطيات	ثنائي البعد	ثنائي البعد	ثنائي البعد	ثنائي البعد
	مستقر المعطيات	ثنائي البعد	ثنائي البعد	ثنائي البعد	ثنائي البعد
الدخل والخرج	معطيات الدخل	صورة	هجين (صورة، كلمة مفتاحية)	صورة	صورة
	معطيات الخرج	صورة فقط	هجين (صورة، كلمة مفتاحية)	صورة فقط	صورة فقط
القسمات والتشابه	قسمات الصور	هجين (لون، بنية، موقع)	درجات رمادي	درجات رمادي	درجات رمادي
	مقياس المسافة	متري إقليدي	متري إقليدي	متري إقليدي	متري إقليدي

إضافة إلى ذلك **(1)** يوفر SPIRS تغذية راجعة أساسيّة من المستعمل على كل صورة مُعادة. وتحديداً، هناك مقياس لمقدار عدم التشابه مع الصورة المعطاة في الاستعلام، **(2)** ويوفر SPIRS إمكانية استكشاف المعطيات، التي تأخذ نتائج الاستعلام بصفتها نقطة بدء لإجراء استعلامات جديدة مرتبطة؛ باستعمال نتيجة استعلام معطى، أي شكل فقري راجع من النظام، يمكن عرض كامل العمود الفقري الحاوي على ذلك الشكل الفقري، ثُم يمكن للمستعمل أن يختار فقرة أخرى من هذا العمود الفقري ويعتمدها لبدء استعلام جديد. من الواجب ملاحظة أنّ SPIRS، مثل CervigramFinder، يعمل على معطيات مناطق الاهتمام الموضعيّة في الصورة. تشير مميزات نظام SPIRS أنّه موجّه إلى البحث، والتعليم والتعلّم المبني على معطيات ثنائية الأبعاد 2D؛ إنّه يقبل في دَخله، ويعطي في خَرجه معطيات هجينة (نص وصورة). في هذا الشأن، يسمح SPIRS للمُستعمل أن يحدد استعلاماً شكلاً فقرياً وبعضاً من نصّ (مثل العمر أو العرق أو الجنس أو وجود آلام في الظهر أو الرقبة أو غياب هذه الآلام، أو اختصارات الفقرات مثل "C_5" بهدف تحديد صف الفقرات التي يجري البحث فيه). وهو بعدئذ يُعيد النص، مع الصورة المرافقة.

نظام (IRMA)

غرض النظام، لمشروع نظام استرجاع الصورة في التطبيقات الطبية (The Image Retrieval in Medical Applications) (IRMA)، ديسرنو، غولد، لاهمان (Deserno, 2007; Güld, 2007; Lehmann, 2004) الأهداف التالية:

- التصنيف المؤتمت للصور الشعاعية على أساس: قسمات شاملة في ما يتعلّق بأسلوب التصوير، وتوجيه الجسم بالنسبة إلى اتجاه الأشعة السينية (مثلاً "أمامي– خلفي" أو"سهمي")، والجزء من الجسم موضوعَ الفحص، والجهاز الحيوي موضوع الدراسة.

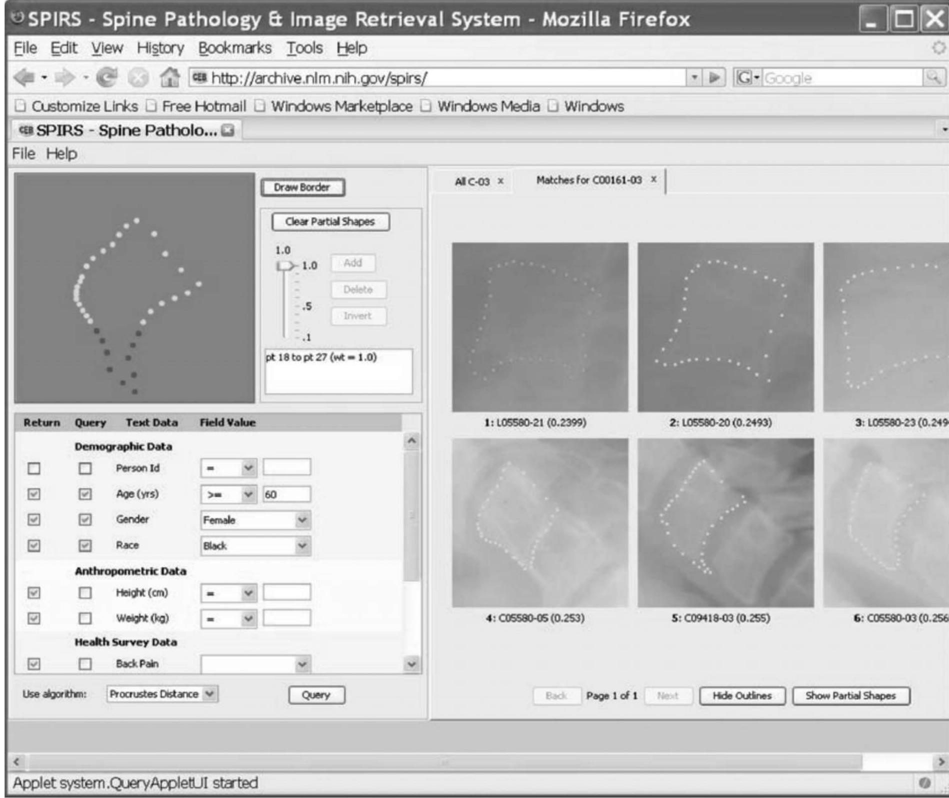
- وتحديد قسمات الصور الموضعيّة، بما يشمل تجمعها ضمن مشهد، وهو الأمر المفيد للتشخيص الطبي.

تُشتق هذه القسمات الموضعيّة من صور سابقة التصنيف ومسجّلة جرى تقطيعها آلياً في مقاربة متعددة السلالم. يجري تحليل محتوى الصور الطبية باستعمال نموذج معلومات ذي ستة مستويات:

- البيانات الأولية
- البيانات المسجّلة
- القسمة
- المخطّط
- الغرض
- المعرفة

يسترجع نظام IRMA الذي يجري حالياً الولوج إليه عبر الانترنت صوراً مشابهة لصورة الاستعلام، بناء على مجموعة مختارة من القَسَمات. وعلى سبيل المثال يمكن لهذه القسمات أن تعتمد على التشابه المرئي لبعض بنى الصورة. وحالياً تتكوّن بيانات الصور من صور شعاعية. يستعمل عرض النظام المتاح على الإنترنت قاعدة بيانات مرجعيّة مكونة من 10000 صورة موزّعة في فئات تبعاً لأسلوب التصوير والتوجيه والمنطقة من الجسم والجهاز الحيوي المستهدف.

الشكل (3). واجهة SPIRS؛ مثال استعلام عن حقول تُحقّق المعايير التالية: (العمر ≤ 60، الجنس = أنثى، العرق = أسود) ولديه فقرات تشابه الجزء السفلي الأمامي من الرسم.

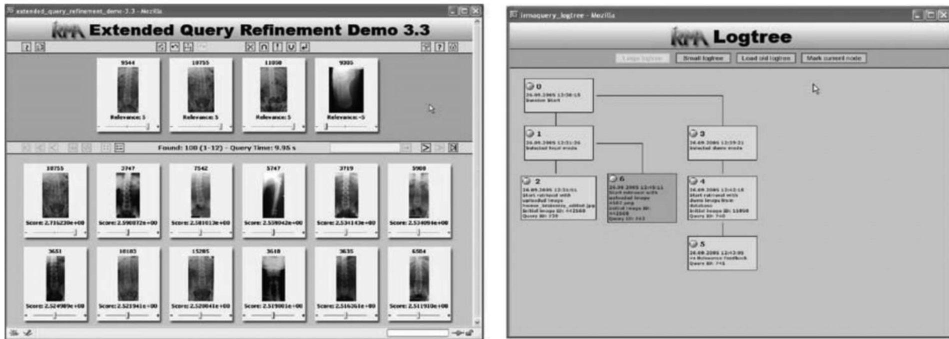


الواجهة، يبين الشكل(4) واجهة تخاطب IRMA, ولبُنيان النظام ثلاثة مكونات أساسيّة:

- قاعدة المعطيات المركزية التي تحوي الصور ومخططات المعالجة والقسمات والمعلومات الإداريّة حول محطة عمل IRMA.
- المُبرمج، الذي يسعى إلى تحقيق التوازن بين حِمل العمل الملقى على المحطات، ومُخدّم الإنترنت، الذي يوفّر لنظام IRMA واجهة التخاطب البيانيّة (GUI) اللازمة لإدخال البيانات واسترجاعها. ومن طريق تسجيل جميع تفاعلات المستعمل في

قاعدة بيانات النظام الذي يحتفظ بجميع القَسمات المُستخلصة من الصور (Güld, 2007) تتوافر إمكانية تمحيص موسعة في الاستعلام (Deserno, 2008).

الشكل (4). (a) واجهة استعلام IRMA مع تغذية راجعة حول الأهمية. لقد جرى تحميل صورة الاستعلام البدئي من حاسوب المستعمل. **(b)** توفر تسجيلات جلسة الاستعلام في IRMA إمكانية الرجوع الكاملة إلى جميع الحالات السابقة في الجلسة.



الفجوات ومميزات النظام، على النقيض من المفاهيم الشاملة التي صيغت في مشروع IRMA، فإنّ نظام IRMA المُنجّز حالياً على الويب يحوي بعض الفجوات الجوهرية التي تجب معالجتها. وهي تشتمل على النقاط التالية: في حالة فجوات المحتوى، هناك نقص في التسميات الدلاليّة؛ في حالة فجوات القَسَمات، لا يوجد دعم إلاّ للعمليات على المميزات الشاملة للصورة؛ وتنقص إمكانيّة العمل على سلالم متعددة؛ وفي حالة فجوات الأداء، هناك نقص في التكامل مع نظام طبي حيوي، ونقص في فهرسة متجهات القسمات، ونقص في التقييم الكمي. أمّا المقدرات التي تعالج جزئياً فجوات النظام فتشمل، في حالة فجوات القَسَمات، استخلاص مؤتمت كامل للقسمات (وقد سهّل هذا الأمر، بالطبع، حقيقة أنّ IRMA يعمل على الصورة كاملة، وعليه لا حاجة إلى تقطيع الصورة إلى مناطق مهمّة قبل استخلاص القَسَمات)؛ وفي حالة فجوات الأداء، فنجد حضوراً مُعلناً

عنه إعلاناً واسعاً على الإنترنت، وتقييماً نوعياً للاسترجاع؛ وأما في حالة فجوات قابلية الاستعمال، فنجد آلية تمحيص عالية المرونة للاستعلامات، تسمح للمستعمل أن يخطو إلى الأمام وإلى الوراء بين الاستعلامات التي أجراها أثناء الجلسة، وتتيح له أن يجمع بين الاستعلامات باستعمال العمليات المألوفة مثل الاجتماع والتقاطع والنفي. يُقرن هذا مع مقياس تغذية راجعة متقدم يُساعد المستعمل في الحكم على مدى قُرب الصور المسترجعة ليس فقط من صورة واحدة مستعملة في الاستعلام، بل مدى قربها من مجموعة مُثقّلة من الصور. تشير مميزات نظام IRMA إلى أنّه موجّه للاستعمال البحثي والتعليمي والتعلّمي على معطيات ثنائية البعد.

نظام (SPIRS-IRMA)

غرض النظام. يهدف IRMA الموصوفُ سابقاً إلى توفير إدارة للصور غنيّة مرئياً من طريق تقنيات CIBR مطبقة على الصور الطبية باستعمال مقاييس توزيع الشدّة والبنى مأخوذة إجمالاً على كامل الصورة. تتيح هذه المُقاربة استعلامات على مجموعات صور غير متجانسة وتساعد في تحديد الصور المتماثلة بالنسبة إلى قَسَمات شاملة، مثل: جميع صور الصدر في وضع أمامي – خلفي (Anterior-Posterior) (AP). ولكن ينقص نظام IRMA القدرة على إيجاد باثولوجية محددة بعينها يمكن تعيين موضعها في مناطق محددة ضمن الصورة. بالمقابل، يوفر نظام SPIRS طرائق CBIR موضعيّة على أساس شكل الفقرات بهدف الاسترجاع الحساس للباثولوجية لصور أشعة سينية رقمية للعمود الفقري إلى جانب المعلومات النصية المقترنة بها. ومن ناحية أخرى، في نظام SPIRS، يجب أن تكون الصور في المجموعة متجانسة، أي أن يكون لها أسلوب التصوير نفسه للجزء التشريحي نفسه، وللمنظر نفسه. مثلاً، الباثولوجية الفقرية المُعبّر عنها في صور الأشعة السينية للعمود الفقري في المستوي الجانبي. ولقد قادتنا ملاحظة نقاط القوة للنظامين إلى فكرة الجمع بين هاتين التقانتين المتكاملتين لإيجاد نظام (SPIRS-IRMA) (Antani, 2007) الذي سيدعم في النهاية كلّاً من الاسترجاع على أساس كامل الصورة والاسترجاع

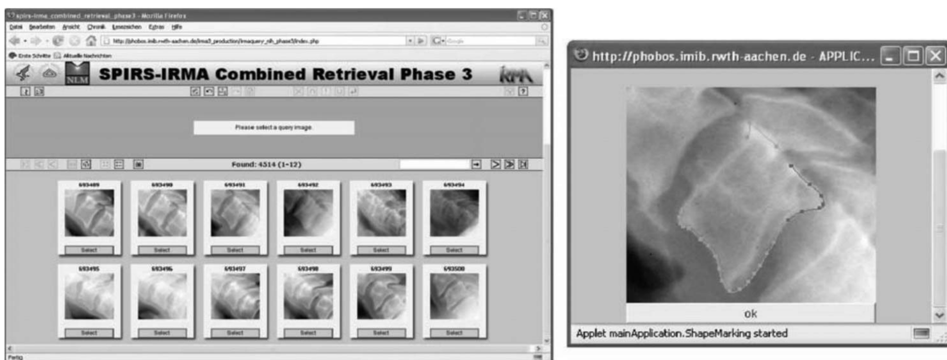
على أساس القسمات الموضعية في آن معاً، بحيث يتمكن المستعملون من إيجاد صور ليست مُشابهة فقط بالمظهر الكلّي بل أيضاً مُشابهة بالنسبة إلى الباثولوجية المُعبّر عنها موضعياً.

الواجهة، لقد بدأ العمل الأوّلي نحو إنشاء هذا النظام وأصبحت بعض القدرات في أماكنها، يبين الشكل (5) واجهة التخاطب البيانية الحالية لنظام SPIRS-IRMA.

الفجوات ومميزات النظام، إذن نظام SPIRS-IRMA هو مثال على الجمع بين قدرات تنجيزات CBIR مختلفة، جرى تطويرها من قبل مجموعات بحث مختلفة، وهذا أسلوب لسد فجوات CBIR الموجودة في كل نظام على حدة. لقد لاحظنا أنّ نظام IRMA يعمل فقط على بيانات الصور الشاملة، بينما يعمل نظام SPIRS فقط على بيانات صور المناطق الموضعيّة المهمة التي جرى اقتطاعها من الصور الأصلية. يمثل نظام SPIRS-IRMA الخطوة الأولى نحو نظام يجمع بين قدرات هذين النظامين. في الوقت الحالي، جرى إقران قدرات الاسترجاع لدى SPIRS باستعمال الشبه بالشكل بين الفقرات، وقاعدة بيانات أشكال الفقرات لدى SPIRS مع واجهة التخاطب البيانية المبنية على أساس IRMA، لذلك سيكون لدى مستعمل IRMA إمكانية الولوج الكاملة إلى SPIRS لاسترجاع الفقرات بناءً على الشكل. يمكن لمستعمل أن يدخل إلى نظام IRMA ويصل إلى واجهة تخاطب تمكّنه من استرجاع فقرات بناء على الشكل. تستعملُ هذه القدرات مواردَ المخدّمات العاملة في ألمانيا (آخن (Aachen)) وفي الولايات المتحدة (بِثِسدا، مِريلاند) والمرتبطة بواسطة بروتوكول خدمة على أساس XML يُستعمل لتنسيق الاتصال ونقل الاستعلام ونتائج الاستعلام بين المُخدمات.

يضع هذه النظام الأساس للقيام ببحث شامل عن الصورة لتحديد الصور موضع الاهتمام، ثُم يستعمل قدرات البحث الموضعي عن المناطق المهمّة لتعميق البحث نحو البنية التشريحية أو الباثولوجية المطلوبة. إنّه يجمع بين واجهة تخاطب IRMA (مع نظام إدارة جلسة الاستعلام)، مع قدرات البحث الموضعي لنظام SPIRS.

الشكل (5). (a) واجهة استعلام SPIRS-IRMA لبحث أشكال فقرات. **(b)** شكل فقرة ممثّل بواسطة ست وثلاثين نقطة علاّم يمكن للمستعمل أن يختار شكلاً جزئياً موضع الاهتمام.



ومع أنّ هدف نظام SPIRS-IRMA هو أن يمتلك كامل نقاط قوة النظامين، يقدم النظام الحالي الأوليّ، فقط بعضاً من هذه القدرات. وكذلك، نجد أنّ بعضاً من نقاط القوة الموجودة في هذه الأنظمة منفردة غير متوفرة في تنجيزات SPIRS-IRMA الحالية (مثلاً، يُجيب SPIRS بصور وكلمات مفتاحيّة، في حين يُجيب SPIRS-IRMA بصور فقط). وتشتمل الفجوات المعنوية التي يجب معالجتها في نظام SPIRS-IRMA على النقاط التالية: لا وجود لمحتوى دلالي متوفّر للمستعمل، (التسميات الدلاليّة اليدوية في SPIRS ليست متوافرة بعدُ في SPIRS-IRMA، إنّ بنية الصور التي يمكن استعمالها في الاستعلام موضعية حالياً، كما هو الحال في SPIRS، ولا يتوفّر إلاّ الاستعلام بالتشكيل (بناء على الصور السابقة التخزين)، إذْ لا يسمح SPIRS-IRMA بالرسم التفاعلي. وهناك تحسين على نظام SPIRS يتمثّل في تضييق فجوتي الأداء وقابلية الاستعمال من طريق استعمال واجهة تخاطب IRMA المعروفة، ومن طريق تعدد استعمالات قدرات إدارة الجلسات المتوفرة للبحث في معطيات SPIRS. إنّ الاجتماع المستقبلي للنظامين بهدف إنشاء نظام بحث عن الصورة يعتمد على المميزات الشاملة والموضعية، سيضيف قدرات

نادرة، إذا لم نقل فريدة، في حقل CBIR الطبي. تشير مميزات نظام SPIRS-IRMA إلى أنّ استعماله للبحث والتعليم والتعلّم يجري على أساس معطيات ثنائية الأبعاد.

مناقشة: التوجهات المستقبلية لـ CBIR الطبي

سيبقى إنشاء تعاون فاعل بين فرق بحثية هندسية مختلفة ومتباعدة جغرافياً، وتعاون بين المجتمعات الهندسية والطبية لتطوير هذا الحقل، تحدياً في المستقبل القريب. ولكن هناك بعض الجهود التي بذلها المجتمع الهندسي وتستحق الذكر، وهي تشمل:

- مسابقة الصورة المهمّة التي يجريها لقاء (Cross Language Evaluation)، انظر (CLEF, http://clef-campaign.org)، التي تتيح تقييم المقاربات الخوارزمية لزمر بحثية متعددة على مجموعة صور اختبار واحدة ديزلارس (Deselaers 2007, 2008)،
- الدعوة لعقد ورشات عمل عن CBIR في المؤتمرات الاحترافية، مثل تلك التي عُقدت في MICCAI (ورشة عمل CBIR، 2007) و(SPIE Medical Imaging) (ورشة عمل CBIR، 2008)،
- تجميع مقاطع المعطيات من الخبراء الطبيّين،
- عرض أنظمة CBIR على الخبراء الطبيين، مع أنّه جهد ضئيل حتى هذا التاريخ،
- العمل التعاوني لجمع، وجعل أنظمة CBIR مختلفة تتفاعل، متمثّلة بتجربة SPIRS-IRMA، للاستفادة من نقاط قوة كل من الأنظمة على حدة.

تتصارع مسألة تمثيل المحتوى الطبي بواسطة قسمات رياضياتية من المستوى المنخفض مع الفجوة الدلاليّة، التي ربما ستبقى مسألة دائمة. ولكن، هذا لا يعني عدم إمكان جعل أدوات الاسترجاع بواسطة محتوى الصورة فاعلة على نحو متزايد. تُحسّن الآليات السهلة الاستعمال على قاعدة التغذية الراجعة المرتبطة، مثل تلك المدعومة من

قبل IRMA، هذا الوضع إلى حد ما من طريق السماح للمستعمل أن يُمحّص استعلاماته بسرعة من طريق تحديد نوعية النتائج المُعادة، بصفتها مرغوبة أو غير مرغوبة. أوحى لنا بحثنا في الأدبيات أنّ كامل مجال البحث هذا، حول التغذية الراجعة المرتبطة، قد كان بُحِث على نحو أقل مما يجب، ونحن نستبق الأمر بترك مساحة كبيرة له للنمو ولتحسين التقنيات الموجودة حالياً.

لقد كان تقييم أنظمة CBIR مسألة صعبة على الخصوص، بسبب الدقة، ومقاييس الاستعادة التي استعملت تكراراً، وبسبب حقائق أساسية يمكن أن تعكس درجة عالية من التنوع في رأي الخبراء. وبالطبع، يبقى أن العتبة الأساسية في تقييم أي نظام CBIR طبي، ليست مقداراً كميّاً معرفاً في بيئة هندسية، بل هي درجة الفائدة التي يقدمها للمجتمع الطبي الحيوي، وعندما تصبح هذه الأنظمة حقيقةً أدوات مساعدة قيّمة في حلّ المشاكل السريريّة والبحثيّة.

إنّه لمن الشائع أن تعبّر الفرق البحثية الهندسية المهتمة في تطوير CBIR عن رغبتها في تعاون أوثق مع المجتمع الطبي. وإنّه أقل شيوعاً أن تقترح حلولاً لسد فجوة التعاون هذه. نقترح خطوات أكثر فاعليةً تتمثل بعرض أدوات CBIR أمام المجتمع الطبي وذلك في جهد يهدف إلى المساعدة في حل هذه المشكلة. يتطلب هذا فهماً لأنواع المسائل الطبية الحيوية التي يمكن أن يكون فيها لأنظمة CBIR أثر سريري أو بحثي، وتفصيل واجهات تخاطب لهذه الأدوات تعمل بأسلوب يركّز على المريض في البيئة الطبية: مع التوازن المناسب بين البساطة والقوّة، كما يقدّره المستعمل الطبيّ؛ والتسميات والتعابير المناسبة للمستعمل الطبي؛ ومع توفير قدرات تواصل بيني لاستيراد وتصدير البيانات من مصادر معطيات أخرى مهمة للمستعمل الطبي.

النتيجة

غالباً ما يعود نجاح تقانة بعينها إلى توافر والتقاء تقانات داعمة في وقت الحاجة الحرجة لها. ولقد حقق استرجاع الصورة على أساس المحتوى للصور الطبية نوعاً من النضج،

وإن كان هذا في المستوى البحثي. ولكن، على هذا الحقل أن يشق طريقه بوضوح نحو الممارسة السريرية، أو البحوث الطبية، أو التدريب. لقد استكشفنا في هذا الفصل الحقلَ عبر مفهوم الفجوات أو العثرات بالمقارنة مع نظام مثالي. من طريق معالجة وتضييق هذه الفجوات، يمكن لنظام أن يحتل موقعاً أفضل في العالم الطبي الحيوي. لقد حددنا فجوات نظام CBIR تحت فئات واسعة من المحتوى، والقسمات، والأداء وقابلية الاستعمال، واقترحنا أن أدبيات CBIR التقنية المنشورة تعكس اهتماماً صغيراً جداً في تضييق فجوة قابلية الاستعمال، وذلك مع أنّ هذا يشكل عاملاً يحد من التعاون الأوثق مع المجتمع الطبي. واقترحنا أن يكون تصميم نظام فاعل يشتمل على سير العمل، والتعابير الفنية، وأساليب التشغيل لمستعمل من المجتمع الطبي الحيوي، أمراً مطلوباً لتحسين التعاون مع المجتمع الطبي.

ملاحظة المؤلفين

إنّ هذا البحث مدعوم من برنامج (Intramural Research Program) من المعاهد الوطنية للصحة (National Institutes of Health)، والمكتبة الوطنية للطب (National Library of Medecine (NLM))، ومركز ليستر هيل للاتصالات الطبية الحيوية (Lister Hill National Center for Biomedical Communications).

المراجع

Antani, S., Deserno, T. M., Long, L. R., Güld, M. O., Neve, L., and Thoma, G. (2007). Interfacing global and local CBIR systems for medical image retrieval. In Horsch, A., Deserno, T. M., Handels, H., Meinzer, H. P., and Tolxdorff, T. (Eds.), *Bildverarbeitung für die Medizin 2007* (pp. 166–171). Berlin, Germany: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-3-540-71091-2_34

Antani, S., Long, L. R., and Thoma, G. (2008). Bridging the gap: Enabling CBIR in medical applications. *Proceedings of the 21st International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2008)*, (pp. 4-6). University of Jyväskylä, Finland.

CBIR Workshop Panel. (2007). *Content-based image retrieval for biomedical image archives: Achievements, problems, and prospects*. Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI 2007). Retrieved from http://www.eng.tau.ac.il/~hayit/ MICCAI_CBIR_ workshop/

CBIR Workshop Panel. (2008). *Content-based image retrieval: Major challenges for medical applications*. SPIE Medical Imaging 2008. Retrieved from *http://archive.nlm.nih.gov/spiemi08/CBIRpanel.php*

Datta, R., Joshi, D., Li, J., and Wang, J. Z. (2008). Image retrieval: Ideas, influences, and trends of the new age. *ACM Transactions on Computing Surveys*, 40(2), 1–66. doi:10.1145/1348246.1348248

Deselaers, T., Deserno, T. M., and Müller, H. (2008). Automatic medical image annotation in Image-CLEF 2007. Overview, results, and discussion. *Pattern Recognition Letters*, 29(15), 1988–1995. doi:10.1016/j.patrec.2008.03.001

Deselaers, T., Müller, H., Clough, P., Ney, H., and Lehmann, T. M. (2007). The CLEF 2005 automatic medical image annotation task. *International Journal of Computer Vision*, 74(1), 51–58. doi:10.1007/s11263-006-0007-y

Deserno, T. M., Antani, S., and Long, R. (2009). Ontology of gaps in content-based image retrieval. *Journal of Digital Imaging*, 22(2), 202–215. doi:10.1007/s10278-007-9092-x

Deserno, T. M., Güld, M. O., Plodowski, B., Spitzer, K., Wein, B. B., and Schubert, H. (2008). Extended query refinement for medical image retrieval. *Journal of Digital Imaging*, 21(3), 280–289. doi:10.1007/s10278-007-9037-4

Güld, M. O., Thies, C., Fischer, B., and Lehmann, T. M. (2007). A generic concept for the implementation of medical image retrieval systems. *International Journal of Medical Informatics*, 76(2-3), 252–259. doi:10.1016/j.ijmedinf.2006.02.011

Hasman, A., Haux, R., and Albert, A. (1996). A systematic view on medical informatics. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 51(3), 131–139. doi:10.1016/S0169-2607(96)01769-5

Haux, R. (1989). On medical informatics. *Methods of Information in Medicine*, 28(2), 66–68.

Haux, R. (2002a). Healthcare in the information society: What should be the role of medical informatics? *Methods of Information in Medicine*, 41(1), 31–35.

Haux, R. (2006). Health Information Systems past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 75(3-4), 268–281. doi:10.1016/j.ijmedinf.2005.08.002

Haux, R. (2010). Medical informatics: Past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 79(9), 599–610. doi:10.1016/j.ijmedinf.2010.06.003

Haux, R., Ammenwerth, E., Herzog, W., and Knaup, P. (2002b). Health care in the information society. A prognosis for the year 2013. *International Journal of Medical Informatics*, 66(1-3), 3–21. doi:10.1016/S1386-5056(02)00030-8

Herrero, R., Schiffman, M. H., Bratti, C., Hildesheim, A., Balmaceda, I., and Sherman, M. E. (1997). Design and methods of a populationbased natural history study of cervical neoplasia in a rural province of Costa Rica: The Guanacaste Project. *Pan American Journal of Public Health*, 1(5), 362–375. doi:10.1590/S1020-49891997000500005

Hsu, W., Antani, S. K., and Long, L. R. (2007). SPIRS: A framework for content-based image retrieval from large biomedical databases. *Proceedings of MedInfo*, 12(1), 188–192.

Kulikowski, C., Ammenwerth, E., Bohne, A., Ganser, K., Haux, R., and Knaup, P. (2002). Medical imaging informatics and medical informatics: Opportunities and constraints. Findings from the IMIA yearbook of medical informatics. *Methods of Information in Medicine*, 41(2), 183–189.

Lehmann, T. M., Güld, M. O., Thies, C., Fischer, B., Spitzer, K., and Keysers, D. (2004). Content based image retrieval in medical applications. *Methods of Information in Medicine*, 43, 354–361.

Long, L. R., Antani, S., Deserno, T. M., and Thoma, G. R. (2009). Content-based image retrieval in medicine: Retrospective assessment, state of the art, and future directions. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 4(1), 1–16. doi:10.4018/jhisi.2009010101

Müller, H., Michoux, N., Bandon, D., and Geissbuhler, A. (2004). A review of content-based image retrieval systems in medical applications – Clinical benefits and future directions. *International Journal of Medical Informatics*, 73(1), 1–23. doi:10.1016/j.ijmedinf.2003.11.024

Névéol, A., Deserno, T. M., Darmonic, S. J., Güld, M. O., and Aronson, A. R. (2009). Natural language processing versus content-based image analysis for medical document retrieval. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(1), 123–134. doi:10.1002/asi.20955

Reichertz, P. L. (1977). Towards systematization. *Methods of Information in Medicine*, 16, 125–130.

Reichertz, P. L. (2006). Hospital Information Systems. Past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 75, 282–299. doi:10.1016/j.ijmedinf.2005.10.001

Schiffman, M., and Adrianza, M. E. (2000). ASCUSLSIL triage study. Design, methods and characteristics of trial participants. *Acta Cytologica*, 44(5), 726–742. doi:10.1159/000328554

Tagare, H. D., Jaffe, C. C., and Duncan, J. (1997). Medical image databases: A content-based retrieval approach. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 4(3), 184–198. doi:10.1136/jamia.1997.0040184

Xue, Z., Long, L. R., Antani, S., Jeronimo, J., and Thoma, G. R. (2008). A Web-accessible content based cervicographic image retrieval system. *Proceedings of SPIE Medical Imaging*, 6919(7), 1–9.

الملحق

قائمة المجلات/ الناشرين التي استعملت في البحث عن الاستشهادات

Bioinformatics. Oxford University Press, Oxford, UK

Computer Methods and Programs in Biomedicine. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands

Computerized Medical Imaging and Graphics. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands

IEEE Transactions on Biomedical Engineering. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA

IEEE Transactions on Image Processing. The Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE); IEEE Press, Piscataway, NJ, USA

IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA

IEEE Transactions on Medical Imaging. IEEE Press, Piscataway, NJ, USA

IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI). IEEE Press, Piscataway, NJ, USA

IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics (TCBB). IEEE Press, Piscataway, NJ, USA

Information Retrieval. Springer, New York, NY, USA

International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. Springer, New York, NY, USA

International Journal of Computer Vision. Springer, New York, NY, USA

International Journal of Medical Informatics. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands

Journal of the American Medical Informatics Association (JAMIA). Hanley and Belfus, Inc., Orlando, FL, USA

Journal of Digital Imaging. Springer, New York, NY, USA

Journal of Electronic Imaging. Society of Photo-optical Instrumentation Engineering (SPIE); SPIE Press, Bellingham, WA, USA

Medical Image Analysis. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands

Methods of Information in Medicine. Schattauer GmbH, Stuttgart, Germany

Radiographics. Radiological Society of North America (RSNA), Oak Brook, IL, USA

Radiology. Radiological Society of North America (RSNA), Oak Brook, IL, USA

الفصل الثاني

تحديات التقييم في توصيف التشخيص المُساعَد حاسوبياً

عدم الاتفاق على الشكل في تجمع قاعدة بيانات صور الرئة
مجموعة بيانات العُقيدات الرئوية

وليام هـ. هورستمكه
جامعة دي بول، الولايات المتحدة الأميركية

دانيلا س. رايكو
جامعة دي بول، الولايات المتحدة الأميركية

ياكوب د. فورست
جامعة دي بول، الولايات المتحدة الأميركية

صاموئيل ج. أرماتو الثالث
جامعة شيكاغو، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

يعتمد تقييم نجاح أنظمة دعم القرار المُساعَدة حاسوبياً على توافر مرجع معياري موثوق، أي حقيقة أساسيّة. يُتوقع أن ينتج المعيار الذهبي من تأشير الصور موضع الاهتمام وتسميتها وتقييمها من قبل الخبراء في المجال. ولكن غالباً ما لا يتفق الخبراء، ويمثّل عدم الاتفاق هذا تحدياً أمام تطوير وتطوّر التنبؤ بالقَسمات على أساس الصورة "للحقيقة" التي

يعرّفها الخبراء. يعالج النقاش التالي نجاح وقصور تطوير نماذج مُساعَدة حاسوبياً لتوصيف العُقَيْدات الرئوية المشكوك فيها على أساس التقييمات التي يعطيها عدد من الخبراء في التصوير الشعاعي. تسعى نماذج التنبؤ هذه لردم الفجوة الدلالية بين الصور من جهة والآراء الوصفيّة ذات المعنى الطبي حول المميزات المرئية للعُقيدات. إنّ توصيفات التشخيص المُساعَد حاسوبياً (Computer-Aided Diagnostic Characterizations) (CADc) المستحصلة، هي قابلة للاستعمال مباشرة في الفهرسة والاسترجاع في أنظمة استرجاع الصور على أساس المحتوى وأنظمة دعم التشخيص المُساعَد حاسوبياً. يرتبط الأداء التنبؤي لنماذج CADc مباشرةً بمدى الاتفاق بين خبراء التصوير الشعاعي؛ تتنبأ النماذج برأي المصورين الشعاعيين على نحو أفضل كلما اتفق هؤلاء في ما بينهم حول مميزات العُقيدات.

مقدمة

لقد ركّز دعم القرار المُساعَد حاسوبياً في التصوير الطبي على المسائل الصعبة المتمثلة في اكتشاف الإصابات المريبة وتشخيصها، مثل العُقيدات الرئوية التي غالباً يخفق المصورون الشعاعيون في اكتشافها أو يُسيئون تفسيرها. ومع أنّ طرائق دعم القرار المُؤتمتة مثل الاكتشاف (CADe) والتشخيص (CADx) تقدم معلومات تشخيص قيّمة حول وجود إصابات مُريبة أو غيابها، وربما احتمالات حول توقع الإصابات الخبيثة، إلاّ أنّه من النادر أن تصف أنظمة CAD(x) –أي CADe أو CADx– الإصابات، أو تقدم معلومات إضافية لمساعدة المصور الشعاعي في اتخاذ قراره دوا (Doi, 2005). تُولد مُقاربة العلبة السوداء هذه نوعاً من الشك ضد أنظمة CAD(x) وذلك على ما يدعيه الباحثون الذين يطورون أنظمة تجارية فيمكر، أوبفر، بيلوي، كابوس وداربيا (Wiemker, Opfer, Bulow, Kabus, and Dharaiya, 2008). وهم يجادلون لأجل إضافة ملامح مفاهيميّة محسوبة على أساس تقييم إنساني لإخبار المصور الشعاعي ودعمه عند استعمال نتائج أنظمة CAD(x).

وبهدف تضييق الفجوة الدلالية بين الصور الطبية والتقييم الإنساني، جرى اقتراح مقاربة توصيف التشخيص المُساعَد حاسوبياً (CADc). يهدف CADc إلى حساب هذه الملامح المفاهيمية، من طريق استخلاص قَسَمات على أساس الصورة، للتنبؤ برأي المصور الشعاعي حول توصيف التشخيص للشذوذات المركّز عليها توصيفاً معنوياً من الناحية الطبية. جرى تطوير أنظمة CADc هذه باستعمال تقنيات التعلّم الآلي وتعرّف الأنماط الإحصائي، لربط قياسات تحليل الصور الكمية (قسمات) برأي الخبراء الذي يقدمه المصورون الشعاعيون (الحقيقة الأساسية). يكمن التحدي عند تصميم وتطوير نماذج CADc في اختيار أو تطوير خوارزميات استخلاص قَسَمات الصور التي تلتقط المميزات المرئية ذات الصلة كما يفعل الخبراء، وفي الحصول على آراء كافية ومتناسقة من المصورين الشعاعيين الخبراء لتدريب هذه النماذج. كما سنناقش في هذا الفصل، المسألة الأكثر تحديّاً هي مسألة تقييم أداء تنبؤ النماذج عندما تكون الحقيقة الأساسية متضاربة بسبب عدم اتفاق الآراء بين المصورين الشعاعيين.

يناقش هذا الفصل تطوير مُقاربةٍ لنظام CADc وتطبيقها بهدف توصيف مميزات مرتبطة بالشكل لعُقيدات رئوية، وهو نوع من إصابات الرئة يمكن أن يشير إلى سرطان فيها. يهدف فهم الصفات المميزة للعقيدات إلى مساعدة المصورين الشعاعيين في تمييز العقيدات السرطانية عن أنواع أخرى من الأنسجة الشاذة التي يمكن أن يتسبب بها إنتان أو أمراض غير سرطانية أخرى. في الاستعمال السريري، سوف يشير مشروع CADc للعقيدات الرئوية إلى مدى الشويكيّة (Spiculation)، ودرجة التفصّص (Lobulation) وغير ذلك من الصفات المميزة للعقيدات، ثُمّ يضيف إلى هذه العقيدات حواشي تحوي هذه التقييمات لتوفير أدلّة تشخيصيّة بهدف دعم القرار التشخيصي للمصور الشعاعي.

بالإضافة إلى توفير دلائل كميّة، يمكن استعمال تقييمات CADc لاسترجاع حالات المرضى المشابهة انطلاقاً من قواعد المعطيات الطبية، وذلك مع التشخيص المعروف ونتائج المرضى. وأثناء قراءة حالة مريض جديد، تُحسب تقييمات CADc المتعلّقة بعُقيدَة مشكوك بأمرها وتُستعمل لاسترجاع عُقيدات مشابهة من قاعدة معطيات

للصور. وعندها ستكون العُقيدات المُسترجَعَة، في آن معاً، مُشابهة من الناحية الطبية، اعتماداً على التقييمات لأجل مميزات التشخيص، ومشابهة من الناحية المرئية لأنّ التقييمات مبنية على أساس قياسات مباشرةٍ وكميةٍ للعُقيدات الرئوية. فإذا رأى المصور الشعاعي أنّ هذه العُقيدات مُشابهة بقدر كافٍ لحالة المريض الجديد، كانت تشخيصاتها المعروفة مفيدةً له أثناء تشخيصه التفاضلي (Doi, 2005).

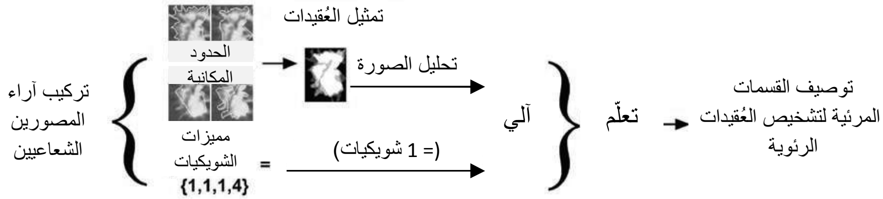
يُعرَف استرجاع الصور المشابهة مرئياً باسم استرجاع الصور على أساس المحتوى (CBIR). لقد بُذل الكثير من العمل في استعمال الاسترجاع على أساس المحتوى في مجال تصوير الثدي. ولقد كان جيجر وآخرون (Giger, et al. 2002) رائدين في تطبيق CBIR في مجال تصوير الثدي، ولقد استعرضت التطورات الحديثة في هذا الموضوع من قبل زنغ (Zheng, 2009). ولقد طوّر شانين وفورست ورايكو وديزني ولام (Chanin, Furst, Raicu, Disney, Lam, 2007) إطاراً أولياً للاسترجاع على أساس المحتوى لاستكشاف عملية استخلاص القَسَمات، وقياسات التشابه لأجل استرجاع عُقيدات الرئة، ثُمّ وسّعوا لاحقاً هذا الإطار داتيري، رايكو و فورست (Datteri, Raicu and Furst, 2008).

ومع أنّ CADc يَعد بإضافة دليل كمّي قيّم لدعم اتخاذ القرار التشخيصي للتصوير الشعاعي، إلاّ أنّ عدم الاتفاق الجوهري بين المصورين الشعاعيين على كيفية تمييز العُقيدات الرئوية يمثل تحدياً تقييمياً جوهرياً أمام تطوير نماذج CADc. يعتمد تطوير النماذج على توفّر حقيقة أساسيّة متناسقة ومتجانسة تمثل آراء المصورين الشعاعيين حول مميزات العُقيدات الرئوية. تتيح الحقيقة الأساسية المتجانسة للنماذج أن تتعلم آراء المصورين الشعاعيين وتفيد بصفتها معياراً لتقييم مدى جودة أداء النموذج: أي مدى قدرة نموذج CADc على التنبؤ برأي المصور الشعاعي. عندما يختلف المصورون الشعاعيون بالرأي، تكون الحقيقة الأساسية غير متجانسة، وتمثّل عندئذ تحدياً في تقدير مدى الجودة التي يتنبأ بها نموذج CADc برأي المصور الشعاعي. إذا كان أداءُ CADc

سيئاً، فيمكن أن تكون المشكلة ناجمةً عن سوء نموذج CADc المستعمل، أو عن عدم قدرة أي نموذج على التنبؤ بحقيقة أساسية متضاربة.

يستكشف بحث CADc المعروض في هذا الفصل الطرائق لتقليص الاختلافات بين المصورين الشعاعيين من طريق تركيب آرائهم المكانيّة والتشخيصيّة حول العُقيدات الرئوية. تُركّب الآراء المكانية لتحديد أيّ وحدات بكسل الصورة تمثل العُقيدة، وتُجمّع الآراء التشخيصيّة لتكون رأي تصوير شعاعي مُركّب من مميزات التشخيص كما هو موضح في الشكل (1). تستعمل خوارزمية تعلّم آليّ القَسَمات المُستخلصَة باستعمال خوارزميات تحليل الصور لتدريب النماذج على التنبؤ بالرأي المركب للمصور الشعاعي.

الشكل (1). طرائق تجميع آراء المصورين الشعاعيين لتصميم وتدريب نموذج توصيف التشخيص المُساعَد حاسوبياً لوصف العُقيدات الرئوية استناداً لآراء الخبراء



أعمال مرتبطة

لقد أُجري العمل الأضخم حول التنبؤ بتحسس المصورين الشعاعيين لمميزات التشخيص من قِبَل ناكامورا ويوشيدا وإنغلمان (Nakamura, Yoshida and Engelmann, 2000)، حيث كان المصورون الشعاعيون يقيّمون على سُلّم من 1 إلى 5 مميزات مثل الشكل، وعدم انتظام الهامش، ومدى الشويكية، ودرجة التفصص وغيرها. ثُمّ استخلصوا بعد ذلك ملامح إحصائيّة ومرتبطة بوحدات البكسل، وقسمات تتعلّق بالحدود الهندسية، بما يشمل مُوَصّفات للشكل على أساس تحويل فورييه، ودليل التدرّج القطري (Radial Gradient Index (RGI)، وجرى بعدئذ بحث الترابط بين هذه المواصفات وتقييمات المصورين

الشعاعيين. لقد بيّنوا أنّ RGI مرتبط مع مدى الشويكية وأن القسمات الهندسية مرتبطة بالشكل، ولكنهم استنتجوا وجود أداء تنبؤي ضعيف في التنبؤ بتقييمات المصورين الشعاعيين بسبب الاختلافات بين تقييمات المصورين الشعاعيين. استعمل ناكامورا وآخرون (Nakamura et al. 2000) المتوسط التربيعي، والعزم الأوّل لتحويل فورييه مطبقاً على حدود العُقيْدة ودليل التدرّج القطري، الذي أُدخل سابقاً من قِبَل هيو وآخرون (Huo, et al., 1995)، لقياس مدى شويكية العُقيْدات الرئوية. ولقد حَسَب جيجر ودوا وماكماهون وميتز وين (Giger, Doi, MacMahon, Metz and Yin, 1990) قسماتٍ هندسية، مثل القطر الفعلي ودرجة التقوّس، بهدف اكتشاف العُقيدات المشكوك بأمرها في الصور الشعاعية للصدر.

ولقد كان أرماتو الثالث وشانين وفورست وفاروتبانكول ورايكو (Armato III, Channin, Furst, Varutbangkul, Raicu, 2007) روّاداً في أبحاث CADc حول التنبؤ بتقييمات المصورين الشعاعيين لمميزات تجمّع قاعدة معطيات صور الرئة (Lung Image Database Consortium) (LIDC). ولقد وسّعوا لاحقاً طرائقهم في استخلاص القَسَمات لتشمل القسمات الهندسيّة المبنية على أساس وحدات البكسل والبنية والحدود كلاً من الخشونة، والتباعد، والصلابة، والانحراف المعياري الشعاعي (Varutbangkul, Raicu and Furst, 2007). لقد أظهر عملهم مدى التحدي الذي يمثله التنبؤ بتقييمات المصورين الشعاعيين لمميزات تشخيص LIDC. ولقد وسّعت مُتابعة أجراها هورستمك وراسيو وفورست (Horsthemke, Raicu and Furst, 2009) التحليل على أساس الشكل لحدود العُقيدات التي رسمها المصورون الشعاعيون، ثُم طبقوا مُوَصِّفات الشكل على أساس فورييه وتنوعاً من مُقاربة التدرج القطري المتغير للحدود مُقابل تدرجات الصور، وهي الدليل القطري الطبيعي، ولكن كل هذا لم يؤدِّ إلى أي تحسين في التنبؤ بالتقييمات الفردية للمصورين الشعاعيين لمميزات التشخيص، وذلك بسبب الاختلافات الجوهرية بين المصورين الشعاعيين في تقييماتهم لمميزات التشخيص.

ولقد عرض فيمكر وأوبفر وبيلوي وكابوس وداربيا (Wiemker, Opfer, Bulow, Kabus and Dharaiya, 2008) متانة قسمات دليل الشكل (Shape Index Features) لأجل قياس مدى شويكية العُقيدات، ثمّ بيّنوا الارتباط الجيد بين قسمات دليل الشكل وتقييمات المصورين الشعاعيين لمدى الشويكية باستعمال تقطيع ملائم للعُقيدات في مشروع مبادرة مصادر قاعدة بيانات الصور، وهو غير مُتاح للعموم حالياً (Wiemker, Bergtholdt, Dharaiya, Kabus and Lee, 2009).

اتفاق المصورين الشعاعيين، التقرير القياسي وCADc في تصوير الثدي

إنّ عدم الاتفاق بين المصورين الشعاعيين أمرٌ معروف، ولقد جرت عدة محاولات لفهم هذه المسألة ومواجهتها. لقد عرض خان وشانين وروبن (Khan, Chanin and Rubin, 2006) مسألة عدم وجود معاجم مصطلحات قياسية لتشخيص الصور الشعاعية، والاختلافات الكامنة حول التعابير المناسبة، واستعمال تعابير شائعة. ولقد وصف بورنس وهاراماتي وونتني وزيليفسكي (Burns, Haramati, Whitney and Zelefsky, 2004) عدم التوافق بين تقارير المصورين الشعاعيين حول مميزات العُقَيْدات الرئوية واقترحوا اعتماد بنية قياسيّة للتقارير. يهدف مشروع (RadLex) إلى إنشاء معجم قياسي لتقارير التصوير الشعاعي حول العُقيدات الرئوية لانغلوتز (Langlotz, 2006).

لقد نجحت الجهود لتقييس تقارير تصوير الثدي في تحسين مدى الاتفاق بين المصورين الشعاعيين، وسمحت بتطوير مُقاربات CADc ناجحة في مجال تصوير الثدي. لقد جرى تطوير معجم "تصوير الثدي وتقاريره ونظامه البياني" (BI-RADS) في أواخر الثمانينات من القرن الماضي بهدف تقييس تصوير الثدي وتقاريره ولقد اعتُمِد من مجتمع تصوير الثدي في أواخر التسعينات من القرن نفسه (American College of Radiology) (2003) ولقد قيّم لازاروس، ماينبيرو، تشيبس، كوليكر، ليفينغستون

(Lazarus, Mainiero, Schepps, Koelliker and Livingston, 2006) مدى التنوع في تقارير BI-RADS بين المراقبين، واستنتجوا أنّ المصورين الشعاعيين قد أظهروا اتفاقاً جيداً باستعمال Kappa الخاص بكوهين، الذي يعتمد على التوجهات المنصوح بها (Landis and Koch, 1977) لتفسير Kappa وهذه النتائج تؤيد استعمال معجم BI-RADS الأميركي. ولقد طبّقت دراستان حديثتان بنجاح مُقارَبات CADc لإيجاد قَسَمات على أساس الصورة تتنبأ، في حالة تصوير الثدي، بمميزات تشخيص المصورين الشعاعيين مشروحة وفق BI-RADS تاو، لو، فريدمان، ماكاريو و شوان (Sahiner, et al., 2008; Tao, Lo, Freedman, Makariou and Xuan, 2008). ولقد ذكرت كلا الدراستين أن توصيفات CADc الخاصتين بهما اتفقت اتفاقاً قوياً مع تقييمات المصورين الشعاعيين لموصِّفات BI-RADS. يُظهر هذا ما يعد به CADc عندما تكون هذه المميّزات مقيّمةً على نحو متناسق من قِبَل المصورين الشعاعيين باستعمال التعابير والتقييمات القياسيّة مثل BI-RADS.

الاتفاق بين المُراقبين

يبقى اتفاق المراقبين مجالاً نشطاً بحثياً في التصوير الشعاعي، وهو يدرس تأثير تقنيات مختلفة في أداء المصورين الشعاعيين، وعلى الاختلافات بين اختصاصات المصورين الشعاعيين وخبراتهم، والمقارنة بين CAD(x) وأداء المصورين الشعاعيين، وذلك إلى جانب مفعول القارئ الثاني لـ CAD(x) على أداء المصوّر الشعاعي.

إنّ الطريقتين الأساسيّتين لقياس مدى الاتفاق بين المراقبين هما: إحصاءات Kappa ومميِّزات المُستقبِل المُشَغِّل (ROC) كوندل وبولانسكي (Kundel and Polansky, 2003). تقتصر معظم الدراسات على الفئات الثنائيّة (مرض أوصحة، اكتشاف أوعدم اكتشاف) وتعطي إحصاءات Kappa الخاصّة بكوهين باستعمال زوج من المراقبين، أو تأخذ متوسط تقييمات عدد من المراقبين. أمّا في حالة الدراسات المتعلّقة بوجود فئات متعددة مرتبة مثل درجة شدّة المرض (غياب، أصغري، متوسط، شديد)، تستعمل طريقة

Kappa مُثقّلة (تربيعية في الغالب) (Fleiss, 1981). ومع أنّ إحصائيات Kappa واسعة الاستعمال، إلاّ أنها تتغير تبعاً لتفشي المرض، وهي غير مُناسبة للدراسات المقارنة كوندل وبولانسكي (Kundel and Polansky, 2003).

استعملت عدة دراسات تقييمات المصورين الشعاعيين للتشابه بين المناطق موضع الاهتمام لتقدير التشابهات الموضوعية لمميزات الصورة. درس ماراماتسو وآخرون (Muramatsu et al., 2005) التوافق على التشابه في مناطق صور الثدي، واستعمل ثوابت الترابط المرتّبة لسبيرمان (Spearman) لتقييم التوافق بين قراءات المراقب: بين القراءة الأولى والقراءة الثانية للمعطيات نفسها. وبعدها حسبوا المتوسط الحسابي لتقييمات تشابه المُراقب، وطبقوا مُعامل ترابط بيرسون (Pearson) بين جميع أزواج المراقبين لتقدير الترابط بين المراقبين. ولقد استنتجوا أنّ طريقتهم للحصول على درجات التشابه في الإصابات كانت متينة وصلبة على الرغم من وجود بعض المصورين الشعاعيين الذين أعطوا تقييمات شاذة ملحوظة.

في واحدة من الدراسات القليلة التي فحصت تقييمات المصورين الشعاعيين لقسمات التشخيص على أساس الصورة مثل مدى الشويكية، وصف ناكامورا وآخرون (Nakamura et al., 2005) التقييمات بأنّها متنوعة، ولكنه لم يذكر أي قياس كمي لهذا التباين أو أي مقاييس للتوافق بين المراقبين ضمن مجموعة دراستهم التي استعملت مصورين شعاعيين ينتمون إلى مؤسسة واحدة. لقد كان هناك خمسة مراكز طبية مساهمة في تجمع LIDC، ولكن نظراً إلى كون الدراسة معمّاة لم تكن هناك طريقة لتبيان ما إذا كانت الاختلافات في التوافق تعود إلى المصورين الشعاعيين أو إلى المؤسسات التي كانوا ينتمون إليها.

باستعمال نسخة بحثيّة غير عمومية من مجموعة معطيات LIDC كان فيها لكل مصور شعاعي ما يحدد هويته تحديداً وحيداً، درس أرماتو الثالث وآخرون (Armato III et al., 2009) المسألة الثنائية المتعلقة باكتشاف العُقيدات، وتفحّص الطرائق المختلفة لتعريف اللوحات أو المركبات لاستكشاف طبيعة "لوحة الحقيقة". تراوحت "لوحات الحقيقة"

من الاجتماع ("أو" المنطقية) حيث جُمعت العُقيدات التي اكتشفت من قِبل مصور شعاعي واحد على الأقل، إلى التقاطع ("و" المنطقية) التي شملت العُقيدات التي اكتُشفت من قِبل جميع المصورين الشعاعيين. وتكونت لوحة حقيقة أخرى من رأي الأغلبيّة، وفيها جرى وضع العُقيدات التي اكتشفها مصوران شعاعيان من بين كلّ ثلاثة. في هذه الدراسة جرت مقارنة أداء جميع المصورين الشعاعيين مع لوحات الحقيقة التي تشمل قراءات المصورين الشعاعيين الثلاثة الآخرين الذين قرأوا حالة المريض. بينت هذه الدراسة أنّ رأي الخبير حول 29 مريضاً حدّد من 15 إلى 89 عُقَيْدة بحساسية اكتشاف متوسطة تتراوح بين 51.0% و83.2%، وأعطى اكتشافاً إيجابياً خاطئاً بمعدّل 0.33 إلى 1.38 لحالة كلّ مريض. ووصلت الدراسة إلى استنتاج حَذر حول تعريف "الحقيقة" المستعمل في أبحاث اكتشاف العُقيدات لأنّ القرار حول وجود أو غياب العُقيدات يجري على أساس قَسمات الصورة دون توافر طريقة مستقلة للتقييم، مثل باثولوجيا أنسجة الرئة، بسبب صعوبة أخذ الخزعات سواء خلال حياة المريض أو بعد موته.

أساليب التقييم لدعم القرار المُساعَد حاسوبياً

يتطلب تقييم أداء نماذج دعم القرار المُساعَد حاسوبياً توافر حقيقة أساسيّة يُقدمها الخبراء في المجال مثل المصورين الشعاعيين للصدر المتمرسين في اكتشاف العُقيدات الرئوية وتقييمها وتشخيصها. تتطلب نماذج الاكتشاف CADe ونماذج التشخيص CADx موقعَ العُقيدات وقراراً اثنينياً حول وجود عُقيدة أو غيابها في حالة نموذج الاكتشاف فقط، أو قراراً حول المتابعة الممكنة في حالة نموذج التشخيص؛ عند إقرار الموقع الفراغي للعُقيدة، يكون النموذج صحيحاً أو لا يكون بناءً على نجاحه في اكتشاف عُقيدة أو في تشخيصها.

تتطلب أساليب تقييم توصيف التشخيص المُساعَد حاسوبياً CADc طرائق قادرة على التعامل مع تقديرات (قيم) متعددة بدلاً من القرارات الاثنينية التي تُلاحظ نموذجياً في في حالة الاكتشاف المُساعَد حاسوبياً (CADe) والتشخيص المُساعَد حاسوبياً (CADx).

للمميزات في تجمع LIDC خمس درجات ممكنة؛ فمثلاً درجة شويكية تساوي 1 توافق عدم وجود شويكية، وهناك ثلاث درجات وسطيّة، أمّا الدرجة 5 فتوافق شويكية محققة.

أشكال التدريب على التشخيص، الصور والحقيقة الأساسية

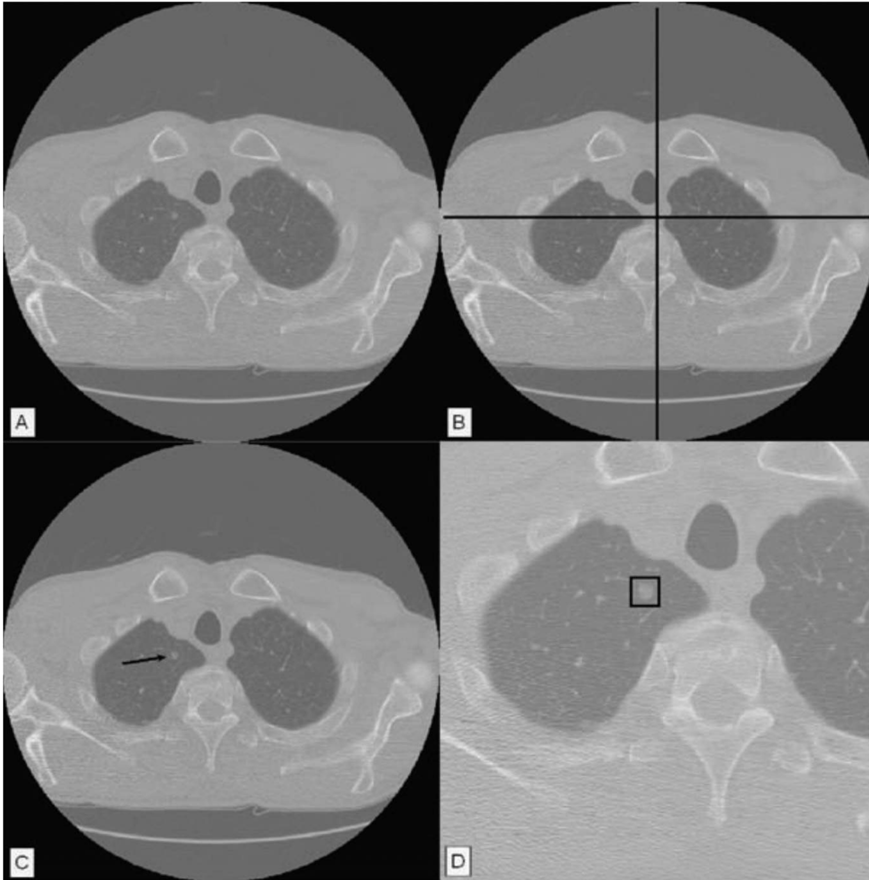
تتراوح معطيات تدريب الحقيقة الأساسية من معطيات خشنة معنونة إثنينياً إلى معطيات مفصلة، مع حواشٍ على حدود المناطق موضع الاهتمام المشكوك فيها، وتحتوي إمّا على رأي تشخيصي معرّف من قِبَل خبير أو على اكتشافات مؤكّدة باثولوجياً. نموذجياً، تُجمّع هذه المعطيات من سجل الحالات في مؤسسة منفردة، ومصنفة من قبل خبير أو اتفاق بين خبراء في المجال؛ غالباً ما تبقى مجموعات المعطيات هذه خاصّة وغير متوافرة للعموم. ولكن يتوافر للعموم القليل من مجموعات المعطيات مع حواشٍ عن معلومات التشخيص. تتوفّر مجموعة موسعة من معطيات تصوير الثدي مؤكّدة باثولوجياً ومزودة بحواشٍ من قِبل مجموعة من المصورين الشعاعيين ومرتبة في قاعدة البيانات الرقمية لتصوير الثدي (Digital Database for Screening Mammography) (DDSM) انظر (Heath, Bowyer, Kopans, Moore and Kegelmeyer, 2001) وهي أيضاً متوافرة على الإنترنت عند http://marathon.csee.usf.edu/Mammography/Database.html. وتتوافر مجموعة موسعة من العُقيدات الرئوية مع حواشٍ من عدّة مصورين شعاعيين مرتبة لدى تجمع قاعدة عند بيانات صور الرئة (Lung Image Database Consortium) (LIDC)، (https://wiki.nci.nih.gov/display/CIP/LIDC). وتتوافر مجموعة أكثر عمومية من الصور الطبية تستعمل أساليب متنوعة وتحوي العديد من الأمراض والأشكال التشريحية مولر، روسيه، فاليه، تيريه و غيسبولر (Müller, Rosset,Vallée, Terrier and Geissbuhler, 2004) عند (http://www.imageclef.org/).

إنّ الحقيقة الأساسية المطلوبة في حالة CADc تُشبه إلى حد بعيد أشكال بيانات الصور المستعملة في CAD(x)، ولكن يضاف إليها معلومات وصفيّة ذات معنى طبي. يمكن تصنيف بيانات الصور تبعاً لخصوصيتها في ما يتعلق بالعُقيدات المشكوك بها، إما من طريق تحديد المنطقة موضوع الاهتمام، أو من طريق تقنيات تعيين الموضع مثل الإحداثيات، أو المستطيلات المُحيطة، أو الحدود المفصّلة. إنّ عزل المنطقة المشكوك بها هو العامل الأكبر في توجيه الحاجة نحو تحديد المنطقة موضوع الاهتمام للتوثّق من أنّ استخلاص القسمات سيحصل على أقل قدر من الخلفية غير التشخيصيّة، عند قياس قسمات الوجه الأمامي التشخيصي لصورة المنطقة المشكوك بها موضوع الاهتمام. تستعمل المناقشة التالية صور العُقيدات الرئوية على أساس CT مثالاً، ولكنها تنطبق على أنماط أخرى مثل الصور الصدريّة، وMRI، والتصوير الصوتي وتصوير الثدي أو غير ذلك.

تعطي الصور من دون إمكانية التوضيع للمناطق المشكوك بها، فائدةً محدودة للتدريب ولتقييم دلاليّة نماذج التطبيق، لأنها لا توفر طريقة لتحديد التوافق بين الخوارزمية والحقيقة الأساسية. تستعمل بعض دراسات CADe وCADx الصور الشاملة بصفتها وحدة التحليل، مع تصنيفات الحقيقة الأساسية لحالة (مجموعة من المقاطع) أو مقطع واحد (الشكل 2-A). تشير تصنيفات الحقيقة الأساسية إلى وجود إصابة أو غيابها، وتشخيصها أَخبيثة هي أم سليمة؟ أما موقع العُقيدات، إن وُجدت، فهو غير معروف. ولمّا كان من الممكن وجود عدّة عُقيدات في المقطع الواحد، جرى اقتراح مُقاربة موضعيّة للمنطقة المهمّة تستعمل مقاطع مُجزّأة (أرباع مثلاً) (الشكل 2-B) أوبوشوفسكي، ليبر و بويل (Obuchowski, Lieber and Powell, 2000) بصفتها واحدة التحليل مع حقيقة أساسية واحدة من دون موضع لكامل ROI. ما يحرّض هذه التصاميم هو عدم توافر دعم الموضع في تحليل ROC التقليدي (Metz, 2008). في استعمال أساليب تقييم التموضع (LROC/AFROC أو معدّل الإشارات الإيجابية الخاطئة في الصورة الواحدة

(FPI))، غالباً ما تستعمل الدراسات مجموعات معطيات تحدّد موضع العُقيدات بدقّة أكبر مثل (مراكز الثقل) (الشكل 2-C) أو موضع العُقيدات واتساعها (مستطيلات مُحدِّدة) (الشكل 2-D).

الشكل (2). حقيقة أساسيّة على أساس الصورة الشاملة مع درجات متنوعة من التموضع. أ) مقطع CT مع حقيقة أساسية وحيدة؛ ب) مقطع CT مُجزّأ إلى أربعة أرباع مع أربع حقائق أساسية؛ ج) موضع العُقيدة؛ د) موضع العُقيدة ومداها.



تُركّز بعض الدراسات على العُقيدة بصفتها وحدة التحليل، وتُنشئ صُوراً تحوي عُقيدة واحدة أو حدوداً مفصّلة للعُقيدة، مع تشخيص معروف أحياناً. العديد من الدراسات حول التشابهات الذاتية، تُواجِه المصورين الشعاعيين مع مجموعات صور لإصابات معزولة لوضع درجات على مدى التشابه بين الصور كما في الشكل 3-A لي، لي، شيرايشي، كاتسوراغاوا (Li, Li, Shiraishi, Katsuragawa, Sone and Doi, 2003; Muramatsu, et al. 2005). تُستعمل الحدود المفصّلة، المبينة في الشكل 3-B، استعمالاً أساسياً في دراسات التقطيع، وذلك مع كون الحدود نفسها مُقيسة بصفتها قَسَمة من قَسمات العُقيدة. (Nakamura et al., 2000). تحوي مجموعات LIDC و DDSM لصور الرئة والثدي حدوداً منفردة أو متعددة للإصابة المشكوك بها نفسها. يبين الشكل 3-C مثالاً رسم فيه أربعة من المصورين الشعاعيين حدوداً متشابهة حول عُقيدة. يمكن للمصورين الشعاعيين ألاّ يتفقوا حولة مدى اتساع العُقيدة كما هو مبين في الشكل 3-D، حيث رسم أحد المصورين الشعاعيين حدوداً أضيق بكثير حول مركز العُقيدة في حين رسم ثلاثة من المصورين الشعاعيين الآخرين حدوداً شملت منطقة أكثر اتساعاً بصفتها جزءاً من العُقيدة.

تحليل ميزات المُستقبِل المُشَغّل ROC

القرارات في حالة CADe (الاكتشاف) و CADx (التشخيص) هي قرارات اثنانية نموذجياً، ويقاس الأداء باستعمال الحساسية، والنوعية، وطريقة مميِّزات المُستقبِل المُشَغِّل (ROC) المركّبة (Metz, 2008). هناك، باستعمال التعابير المتعلقة بالاكتشاف، خمس حالات حقيقة ممكنة حول العُقَيْدات.

1. إيجابي حقيقي، هو اكتشاف عُقَيْدَة موجودة، ويُشار إلى احتمال حدوث هذا بصفته معدّل الإيجابي الحقيقي أو الحساسيّة.

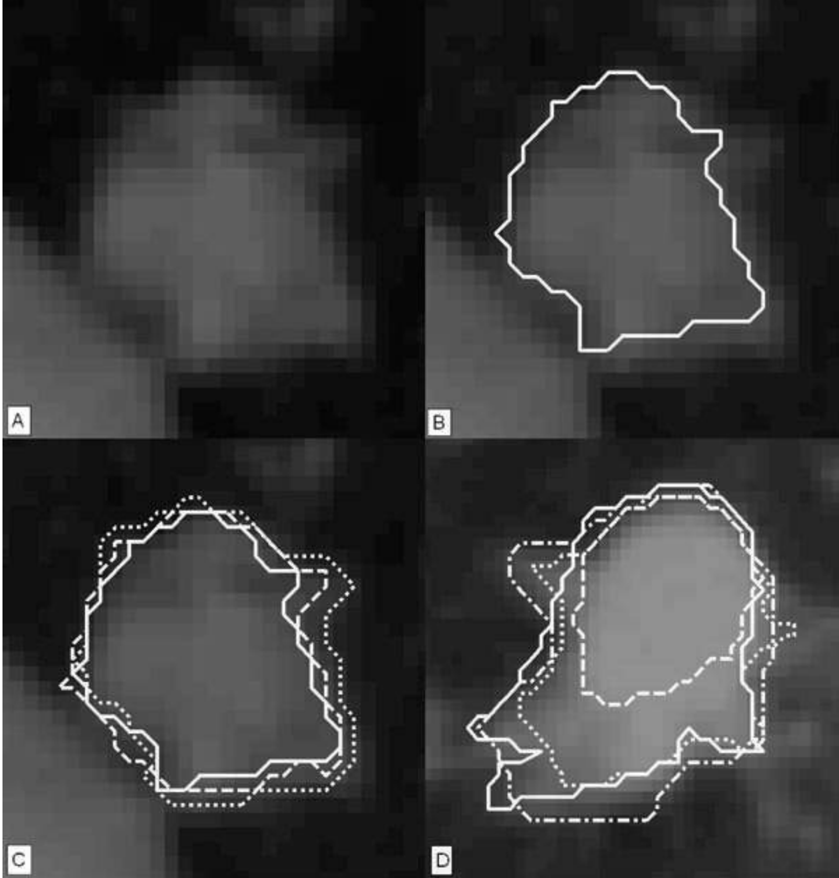
2. إيجابي كاذب، هو اكتشاف منطقة لا تحوي عُقَيدة، وهو اكتشاف كاذب.

3. سلبي حقيقي، هو التمييز الحقيقي لعدم وجود عُقَيدة (الرفض) ويشار إلى احتمال حدوث هذا بصفته معدّل السلبي الحقيقي أو النوعية.

4. سلبي كاذب، هو الفشل في اكتشاف عُقَيدة.

يتأمّل ROC في آن معاً الحساسية والنوعية لمُقابلة المُقايضة المتوقعة بين اكتشاف إصابات خبيثة ورفض إصابات سليمة لأن معظم اختبارات التشخيص ليست اختبارات تمييز كاملة للمرض. يرسم تمثيل ROC الحساسيّة على المحور Y بصفته تابعاً للنوعية على المحور X لإنشاء منحنٍ يعتمد على مُعاملات الضبط المختلفة لمعايير قرار المُراقب، أو لمستويات الثقة الحرجة أو للمُصنِّف الإحصائي. غالباً ما تُستعمل المساحة تحت منحني ROC (AUC) بصفتها دليلاً أحادياً يعكس الأداء الإجمالي. نموذجياً، تقيس الدراسات التي تُقيِّم أنظمة CAD(x)، التغيّر في أداء المصور الشعاعي (ROC AUC) بين القراءات التي تُجرى وحيدة وتلك التي تُجرى مع CAD(x).

الشكل (3). صور حقيقة أساسيّة موضعيّة، مع تموضع مفصّل على نحو متزايد: أ) المنطقة موضوع الاهتمام تحوي عُقيدات؛ ب) حدود مفصّلة لعُقَيدة؛ ج) أربع حدود مفصلة للعُقَيْدة نفسها مع تغاير ضئيل؛ د) أربع حدود مفصلة للعُقَيْدة نفسها مع تغاير جوهري.



يُعدّ أداء تحليل ROC جيداً عند تقييم اكتشاف الشذوذات الفردية، ولكن نحتاج لتقييم اكتشاف الإصابات المتعددة أو مواضع العُقَيْدات المتعددة إلى تحليل ROC تخصصي. إنّ تحليل ROC مُناسب لأداء CADe عندما تكون المهمة هي مجرد اتخاذ

القرار حول احتواء الصورة على إصابة دون تحديد موقع الإصابة. يمكن أن يشمل هذا صورة مفردة أو مجموعة من الصور أو منطقة مهمة داخل الصورة .Obuchowski et al) (2000. وإذا كانت مهمة CADe لا تقتصر على اتخاذ القرار حول وجود الإصابة فقط بل أيضاً تحديد موقعها، فعندئذ يجري تطبيق تحليل تموضع ROC (LROC). وفي حالة إصابات متعددة، جرى اقتراح طرائق متعددة على أساس ميزة المُشغّل ذي الاستجابة الحرة (FROC) (Chakraborty, 2002)، ولكن دراسات عديدة اختارت ذكر الحساسيّة ومعدّل الإيجابيات الكاذبة بالصورة الواحدة (FPI) أو بالحالة. ولقد ناقش هاردستي وزهينغ وفهرمان وغير (Hardesty, Zheng, Fuhrman and Gur, 2004) مسألة مَعْيَرَة تقرير الإيجابيات الكاذبة في كل تصوير CT رئوي، ومن ثَمّ تقرير الإيجابيات الكاذبة مريضاً مريضاً بدلاً من أي يكون التقرير مقطعاً مقطعاً، لأنّه من المعقول أن يتغير عدد المقاطع من حالة مرضية إلى أخرى.

التنبؤ المتعدد الصفوف وتقييم التصنيف

يقتصر تحليل ROC على المعطيات الاثنينية ذات الصفّين، وهو لا يُطبق على التنبؤ متعدد الصفوف ومسائل التصنيف التي تجري معالجتها بالتطبيق الدلاليّ و CADc. وغالباً ما تستعمل الدقّة، وهي نسبة الحالات التي جرى تصنيفها تصنيفاً صحيحاً، في تقييم النماذج المتعددة الصفوف، لأنّ الدقة قادرة على معالجة جميع أنواع معطيات التنبؤ سواء أكانت فئات اسميّة بسيطة أم قيماً عددية. وبالرغم من اتساع استعمال الدقّة، فإنه يمكن أن يكون استعمالها مضلّلاً في الحالة التي لا يكون فيها توزيع الحقيقة الأساسيّة عادلاً بين الصفوف المختلفة. فمثلاً، 70% من تقديرات مدى الشويكية تساوي "لا يوجد" ويتوزع 30% من التقديرات على القيم الأربع المتبقية. يمكن استعمال اتفاق Kappa بصفته بديلاً صلباً لدرجات الدقّة وهو يعطي طريقة جيدة لمقارنة أداء تنبؤ النموذج مع الاتفاق بين المصورين الشعاعيين على المسألة نفسها، إذاً غالباً ما يُقاس الاتفاق بين

المراقبين في التصوير الشعاعي باستعمال إحصاء كابّا Kappa (Kundel and Polansky, 2003).

لفهم مسألة عدم توازن الصفوف والدقة، نتأمّل المثال التالي المستقى من (Kundel and Polansky, 2003). هناك مئة وخمسون مريضاً ممثلون بمصفوفة تشويش (الجدول 1) حيث الحقيقة الأساسيّة مبينة في الأعمدة والتنبؤات داخل الأسطر. تُظهر الحقيقة الأساسية أنّ 19 مريضاً مصابون بالمرض وأن 131 منهم سليمون، وأنّ النموذج يتنبأ بأنّ 17 واحداً منهم مصابون بالمرض في حين أنَّ 133 واحداً منهم سليمون. التنبؤات الدقيقة مبينة على طول القطر، وهي تُبيّن أن تشخيص نموذج التنبؤ لسبعة مرضى كان تشخيصاً صحيحاً، وأن تشخيص نموذج التنبؤ لمئة وواحد وعشرين شخصاً من غير المصابين كان صحيحاً أيضاً.

الجدول (1). مصفوفة تشويش توضح عدم توازن مجموعة معطيات مستقاة من (Kundel and Polansky, 2003)

	الحقيقة الأساسية		
CADx	**مصاب**	**غير مصاب**	**المجموع**
مصاب	7	10	17
غير مصاب	12	121	133
المجموع	19	131	150

الدقة الإجماليّة لنموذج التنبؤ هي 150/(121+7) أي 85%، ويمكن تفسيرها بأنّها تمثّل مدى دقة أي تشخيص منفرد بقطع النظر عن الوضع الصحي الفعلي للمريض. ولتقدير دقّة النموذج المعطى بمعرفة الوضع الصحي الفعلي للمرضى، يمكن تقسيم المرضى إلى فئتين.

تأمّل أولاً الفئة المكونة من التسعة عشر مريضاً المصابين، لقد جرى تشخيص إصابة سبعة منهم فقط تشخيصاً صحيحاً (37%). ثمّ تأمّل الفئة المكوّنة من 131 مريضاً

غير المُصابين، لقد شخّص النموذج عدم إصابة 121 شخصاً منهم تشخيصاً صحيحاً (92%). الدقّة الإجمالية هي 85%، ولكن دقّة النموذج في حالة الأشخاص المُصابين لا تتعدى 37%.

إحصاء (Kappa) لقياس التوافق

غالباً ما يُستعمل إحصاء Kappa لتقييم التوافق بين المُراقبين ويمكن تطبيقه لتقييم نماذج التنبؤ المتعددة الصفوف. إنّ إحصاء Kappa ناجع في معالجة عدم التوازن بين الصفوف، من طريق اعتبار أن بعض التوافق يمكن أن يحدث صدفة؛ يجري طرح هذا التوافق المتوقع من التوافقات الملحوظة لحساب درجة توافق Kappa الشاملة. تشير درجات Kappa الأعلى إلى توافق أكبر. الدرجة 1 تشير إلى توافق تام، والدرجة 0 تمثل توافقاً عشوائياً، وتشير درجات سالبة إلى عدم توافق أعلى من أن يكون ناتجاً من الصدفة. اقترح ألتمان (Altman, 1990) التفسير التالي، المبين في الجدول (2)، بناءً على أعمال لانديس وكوش (Landis and Koch, 1977).

في حالة الفئات الاثنينية يكون أداء Kappa جيداً. ولكن، مع ازدياد عدد الفئات، يزداد عدد فرص الاختلاف أو عدم التوافق وتسعى قيم Kappa إلى الانخفاض (Kundel and Polansky, 2003). ولأن Kappa يتعامل مع جميع حالات عدم التوافق بالأسلوب نفسه، حتى في حالات الفئات المتعددة، لذلك جرى اقتراح استعمال إحصاء Kappa المُثقّل في حالة الفئات المرتبة، غير الرقمية.

تُعالج طريقة Kappa الأصلية غير المُثَقّلة جميع حالات سوء التصنيف بأسلوب متساوٍ دون أخذ المسافة بين التصنيف والحقيقة الأساسية في عين الاعتبار. في حالة الفئات المرتبة مثل تقديرات LIDC، يجب تقييم التنبؤ بتقدير 2 عندما يكون التقدير الفعلي 1، على أنه أفضل من التنبؤ بتقديرات 3 أو4 أو 5. تعطي طريقة Kappa المُثَقّلة طريقةً لأخذ مدى اتساع سوء التصنيف في عين الاعتبار على نحو مختلف، وذلك عند تقييم أداء نموذج تصنيف أو مدى الاتفاق بين المُقيِّمين.

هناك طريقتان لحساب مُعاملات التثقيل، الطريقة الخطية والطريقة التربيعية. يمكن النظر إلى الطريقة الخطية على أنّها قياس المسافة الإقليدية القياسية، في حين تُربّع، الطريقة التربيعية من فليس ((Fleiss (1981)، مُعاملات التثقيل وتزيد العقاب في حالة المسافات الأبعد. هناك جدل حول اختيار خطط التثقيل، ولكن يقترح عمل جديد أنّ التثقيل الخطي في حالة سُلّم مرتّب لفئات–K، يُكافئ طريقة إثنانية من النمط K-1، وهذا يقود إلى الاستنتاج أن التثقيل الخطي هو أسلوب مناسب فانبل وألبيرت (Vanbelle and Albert, 2008).

الجدول (2). تفسير وصفي لدرجات توافق Kappa، منصوح به في حالة الصور الطبية (Altman, 1990)

توافق ضعيف	أقل من 0.2
توافق مقبول	0.2 إلى 0.4
توافق متوسط	0.4 إلى 0.6
توافق جيد	0.6 إلى 0.8
توافق جيد جداً	0.8 إلى 1.0

طريقة متوسط فروق الأزواج لتقييم التوافق بين المراقبين

لدراسة عدم توافق المصورين الشعاعيين جرى استعمال مُقاربة حساب فروق جميع الأزواج لقياس معدل عدم توافق التقديرات في العُقيدة الواحدة، ثُم جُمّعتْ لحساب متوسط الفروق الشامل (عدم التوافق) بين المصورين الشعاعيين على تقديرات مميزات LIDC (Horsthemke et al., 2009).

إنّ هوية المُراقب في حالة معطيات LIDC غير معروفة، ويمكن أن تختلف بين الحالات، لذلك كان معدّل الفروق بين التقديرات في العُقيدة الواحدة يمثل الوحدة موضوع الاهتمام، وكان متوسط الفروق بين التقديرات المقياس الأوّلي. يجري حساب هذا المقياس

من طريق قياس القيم المطلقة للفروق بين جميع أزواج القُرّاء (المصورين الشعاعيين) ثُم يُقسم مجموع هذه القيم على عدد الأزواج. فمثلاً، لقارئين هناك زوج واحد من التقديرات وفرق واحد (قارئ$_1$ – قارئ$_2$)، ولثلاثة قرّاء هناك ثلاثة أزواج وثلاثة فروق هي (قارئ$_1$ – قارئ$_2$) و(قارئ$_1$ – قارئ$_3$) و(قارئ$_2$ – قارئ$_3$)، أمّا في حالة أربعة قرّاء فسيكون لديك ستة أزواج وفروق هي (قارئ $_1$– قارئ$_2$) و(قارئ$_1$ – قارئ$_3$) و(قارئ$_1$ – قارئ$_4$) و(قارئ$_2$ – قارئ$_3$) و(قارئ$_2$ – قارئ$_4$) و(قارئ$_3$ – قارئ$_4$).

فمثلاً لحساب عدم التوافق، افترض أنّ هناك ثلاثة قرّاء أعطوا التقديرات $\{1,2,4\}$ والفروقات $\{2-1=1, 4-1=3, 4-2=2\}$ بمجموع قدره 6 ووسطي (عدم توافق) قدره 2. هذا يقيس مقدار عدم التوافق على مميزة وحيدة ولعُقيدة وحيدة، في حين يمثّل وسطي جميع الفروقات لجميع العُقيدات درجة عدم الاتفاق حول تلك العُقيدة بين المصورين الشعاعيين.

المواد والطرائق

مجموعة المعطيات

تفيد مجموعة معطيات تَجمّع قاعدة بيانات صور الرئة (LIDC) بصفتها مصدر الصور ومصدر آراء المصورين الشعاعيين (Armato, et al., 2004). لقد طوّر LIDC مجموعة من العُقيدات الرئوية، ومن بروتوكولات التقرير لأربعة مصورين شعاعيين لتحديد وتوصيف الإصابات المشكوك بها التي يتراوح قطرها من ثلاثة إلى ثلاثين ملليمتراً في صور CT الصدريّة. عندما يميز المصورون الشعاعييون عُقيدة يرسمون حدوداً حولها، ويقدّرون تسع مميزات تشخيص باستعمال قائمة مرتبة مسماة جزئياً ذات خمسة تقديرات. تشمل مميزات التشخيص كلاً من البنية النسيجية والرقّة والشويكية والكروية والهامش والخبث والتفصص والبنية الداخلية والتكلّس.

لاحظْ أنّ المصورين الشعاعيين يختارون التقديرات من قوائم تحوي تقديرات مرتبة مسماة جزئياً ولا يختارون بالتحديد قيماً من 1 إلى 5. يقدم نظام تقديرات LIDC تسميات لبعض التقديرات ولكن ليس لجميعها. فمثلاً هناك تسميتان للتقديرات الخمسة الممكنة لمدى الشويكية: التقدير 1 يسمى "لا يوجد" والتقدير 5 يسمى "ملحوظ". يستعمل بحث CADc التسميات 1-5 لتمثيل ترتيب تسميات القائمة من نوع Likert فقط ولكنه لا يشرح هذه التسميات بصفتها نسباً أو مجالات عددية.

لا يُقوّي بروتوكول LIDC التوافقَ بين المصورين الشعاعيين حول الاكتشاف أو تحديد حدود العُقيدات أو تقديرها، فيمكن من ثَمّ وَسم كل عُقيدة من قِبَل عدد من المصورين الشعاعيين يتراوح بين 1 و4. يُحلل هذا البحثُ النتائجَ على أساس عدد المصورين الشعاعيين الذين يقدمون تقديرات للعُقيدات لتحديد ما إذا كان CADc يتنبأ على نحو أفضل بالرأي المركب للمصورين الشعاعيين عندما يتزايد عددهم أو يتناقص. لقد جرى إنشاء سبع مجموعات من نماذج تنبؤ CADc باستعمال تجزُّؤات متنوعة لقاعدة معطيات العُقيدات على أساس عدد المصورين الشعاعيين الذين قدّروا العُقيدة. العُقيدات التي جرى تقييمها بالعدد نفسه (1-4) من المصورين الشعاعيين ألّفت أربعة نماذج من التجزؤات، سُميّت "واحد فقط " و "اثنان فقط" و "ثلاثة فقط" و "الأربعة جميعاً" وألفت العُقيدات التي جرى تقييمها بمصور شعاعي واحد على الأقل أو اثنين على الأقل أو ثلاثة على الأقل، ثلاثة نماذج أخرى من التجزؤات، سميت "واحد على الأقل " و "اثنان على الأقل" و "ثلاثة على الأقل".

عند إجراء هذه الدراسة عام 2009 كانت قاعدة معطيات LIDC تحتوي على 400 حالة مريض تشمل 85 حالة من النسخة السابقة الصادرة عام 2007. تنظر هذه الدراسة فقط في أحدث 315 حالة متوافرة بسبب مشاكل تتعلق بتجميع تقديرات بعض المميزات في النسخة السابقة. تحوي قاعدة المعطيات المستعملة في هذه الدراسة 832 عُقَيْدة جرى

تقييمها من قبل مصور شعاعي واحد على الأقل. النسخة السابقة من مجموعة بيانات LIDC عام 2007 كانت تحتوي على 60 حالة فيها 147 عُقيدة.

الطرائق

يتفحص هذا البحث عدة مناطق احتمالية موضع الاهتمام لتحديد مدى جودة تمثيلها للموقع المكاني ولمدى امتداد العُقيدة بهدف استخلاص قَسَمات على أساس وحدة البكسل بهدف التنبؤ برأي مركّب للمصورين الشعاعيين حول مميزات التشخيص على أساس الشكل والحدود: التفصّص، والكروية والهامش والشويكية. تتكون المُقاربة الكلية من ثلاث مراحل أساسية: **1)** إنشاء المناطق موضع الاهتمام **2)** استخلاص قَسَمات الصورة على أساس وحدة البكسل **3)** والتنبؤ برأي مركب للمصور الشعاعي حول كلّ مميزة تشخيص– باستعمال تقييم الوسيط بالإضافة إلى نسخة اثنانية مُجزّأة اثنينياً من الوسيط.

الهدف من محاولات البحث عن نموذج CADc هو الإجابة عن عدّة أسئلة أساسية. أَتتفق توصيفات العُقيدات التي تُجريها نماذج CADc مع رأي المصور الشعاعي الخبير؟ هل تتفق نماذج CADc على نحو أفضل مع المصورين الشعاعيين عندما تتطلب المهمة مجرد اتخاذ القرار حول وجود المُميّزة في العُقيدة (تنبؤ اثنيني)، بدلاً من تقييم المُميّزة على سُلّم من 1 إلى 5؟ أيكون أداء إحدى الطرائق لتجميع الحدود بهدف إنشاء ROI أفضل من أداء الطرائق الأخرى؟ أَيكون أداء النموذج أفضل، أو أسوأ، عندما يقدم عدد أكبر من المصورين الشعاعيين تقييماتهم للعُقيدة؟ إلى أي حد يتفق المصورون الشعاعييون مع بعضهم، أي التوافق بين المصورين؟ إلى أي حد تمكن مقارنة تنبؤ CADc بالرأي الوسيط للمصورالشعاعي مع مدى اتفاق آراء المصورين مع بعضهم؟ وأخيراً، هل يتحسن أداء CADc عندما يتفق المصورون الشعاعييون أكثر مع بعضهم؟

المناطق موضع الاهتمام ROI

يجري إنشاء المناطق موضع الاهتمام انطلاقاً من أكبر مقطع مُمَثِّل للعُقَيْدة. يحتوي أكبر مقطع مُمَثِّل على أكبر عدد من وحدات البكسل المُتّفق عليها، وأكبر تقاطع لجميع الحدود المُتفق عليها من المصورين الشعاعيين، وهو مقطع ذو أكبر عتبة خريطة احتمالية 100% (TPM). انطلاقاً من أكبر مقطع مُمَثّل للعُقَيْدة يجري تجميع الحدود المرسومة من قبل المصورين الشعاعيين باستعمال مُقاربة الخريطة الاحتمالية (p-map) الموصوفة من قبل ماير وآخرين (Meyer et al. 2006)، ثُم توضع لها عتبة لإنشاء أربع مناطق احتمالية موضع الاهتمام تسمى الخرائط الاحتمالية ذات العتبات (TPMs): (25%–اجتماع، 50%، 75% و100%–تقاطع).

تعتَبرُ الخرائط الاحتمالية كلَّ وحدة بكسل داخل الحدود التي يرسمها المصور الشعاعي بمثابة اقتراع بهدف شمل هذه النقطة ضمن العُقيدة كما هو موضح في الشكل (4). يجري تجميع وحدات البكسل وتقسيمها على عدد القرّاء لإنشاء خريطة احتمالية تمثل احتمال كون أي من وحدات البكسل منتمية إلى العُقَيْدة. باستعمال الخريطة الاحتمالية للعُقَيْدة، يجري إنشاء مجموعة من الـ ROI باستعمال عتبة لتحديد انتماء بكسل إلى العُقيدة كما هو مبين في الشكل (4). فمثلاً، تشتمل خريطة احتمالية بعتبة 50% على جميع وحدات البكسل التي اختارها 50% من المصورين الشعاعين على الأقل وتحتوي وحدات البكسل التي احتمالاتها 50، 66، 75 و100%. في هذا البحث كانت عتبات الخرائط الاحتمالية هي 25%، 50%، 75% و100%، حيث تمثل خريطة احتمالية بعتبة 25% "**أو**" المنطقية أو اجتماع جميع وحدات البكسل التي اختارها واحد من المصورين الشعاعيين على الأقل. أما الخريطة الاحتمالية بعتبة 100% فتمثل "**و**" المنطقية أو تقاطع جميع وحدات البكسل التي اختار كل منها جميع المصورين الشعاعيين. ونجد في الشكل (5) أمثلة على ROI مكونة من خرائط احتمالية ذات عتبات موضحة على عُقَيْدة جرى

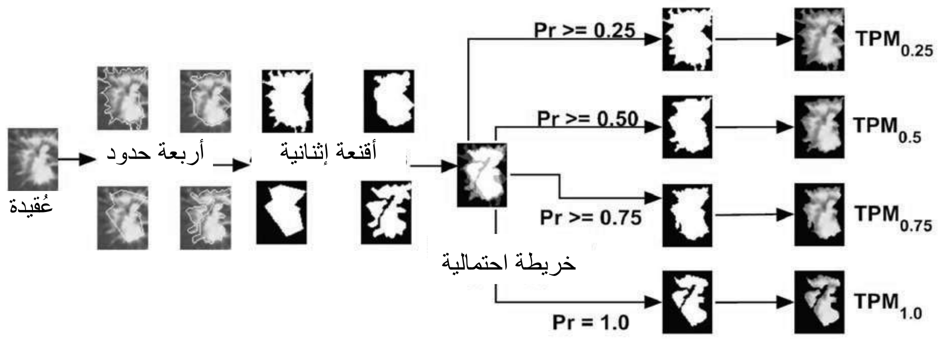
تحديدها من قبل أربعة مصورين شعاعيين، باستعمال ترميز النسبة حيث رمزنا إلى TPM 25% بالرمز $TPM_{0.25}$ وإلى TPM 100% بالرمز $TPM_{1.0}$.

وبالإضافة إلى الخرائط الاحتمالية الأربع ذات العتبات، جرى تكوين حدود المنطقة موضع الاهتمام (Horsthemke, Raicu and Furst, 2009) بنتيجة طرح التقاطع من اجتماع جميع وحدات البكسل. جرى أيضاً اشتقاق مخططي ROI اثنين من اجتماع (TPM 25%) وحدات البكسل المُختارة؛ يتكون أحدهما من نسخة مفصّلة عن الاجتماع ويتكون الآخر من دائرة تحيط بالاجتماع.

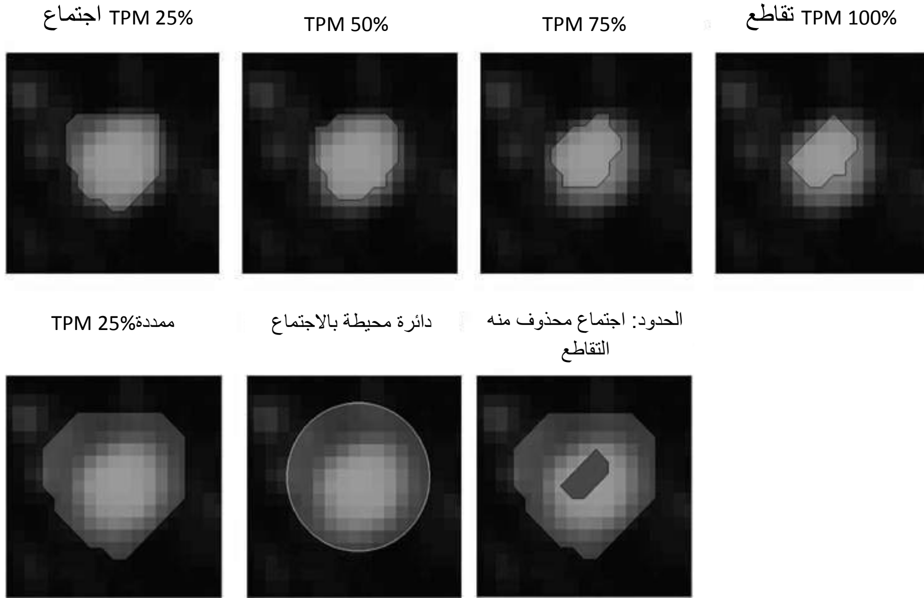
يجري تكوين حدود ROI من طريق حذف "داخل العُقيدة" – أي التقاطع (TPM100%)– من "خارجها" – أي الاجتماع (TPM 25%)– فتتبقى حدود العُقيد فقط. تستعمل طريقة الحدود هذه مُعالجة مورفولوجية لتمديد تغطية (إغلاق التقاطع وتمديد الاجتماع) الحدود الناتجة وهي موضحة في الشكل (5).

لكل عُقيدة في قاعدة بيانات LIDC مجموعة مكونة من قراءة واحدة إلى أربع قراءات مُعطاة من قِبل مصورين شعاعيين حيث تتكون القراءة الواحدة من تقييمات مميزات التشخيص ورسم حدود امتداد العُقيدة أو حذفها على كل مقطع من الصورة الذي يعتبره المصور الشعاعي جزءاً من العُقَيدة. وبوجه عام، يحتوي تمثيل العُقيدة مجموعة من المقاطع الموسومة بحدود رسمها واحد على الأقل من المصورين الشعاعيين أو أربعة منهم على الأكثر، كما هو موضح في الشكل (6).

الشكل (4). تُنشأ الخريطة الاحتمالية (p-map) بإضافة جميع مجموعات وحدات البكسل التي اختيرت ضمن الحدود من واحد أو أكثر من المصورين الشعاعيين، ثُم قسمة هذا العدد على عدد المصورين الشعاعيين الذين قيّموا هذه العُقَيدة، الذي يتراوح بين 1 و4 في حالة LIDC. للخريطة المبينة هنا أربعة قرّاء وقيم بكسلاتها هي (0,0.25,0.5,0.75,1) وهي تمثل النسبة من المصورين الأربعة الذين اختاروا تلك وحدة البكسل. جرى إنشاء الخرائط الاحتمالية ذات العتبات من طريق اختيار وحدات بكسل من صورة DICOM الأصلية إذا جرى شمل نسبة محددة (عتبة) على الأقل من المصورين هذه وحدة البكسل ضمن الحدود التي يختارونها.



الشكل (5). المناطق الاحتمالية موضوع الاهتمام المكونة من خرائط احتمالية ذات عتبات، وتشمل نسخة ممدّدة من الاجتماع، دائرة مُحيطة تحوي الاجتماع، وطريقة تحديد الحدود ناتجة من حذف التقاطع من اجتماع جميع وحدات البكسل.

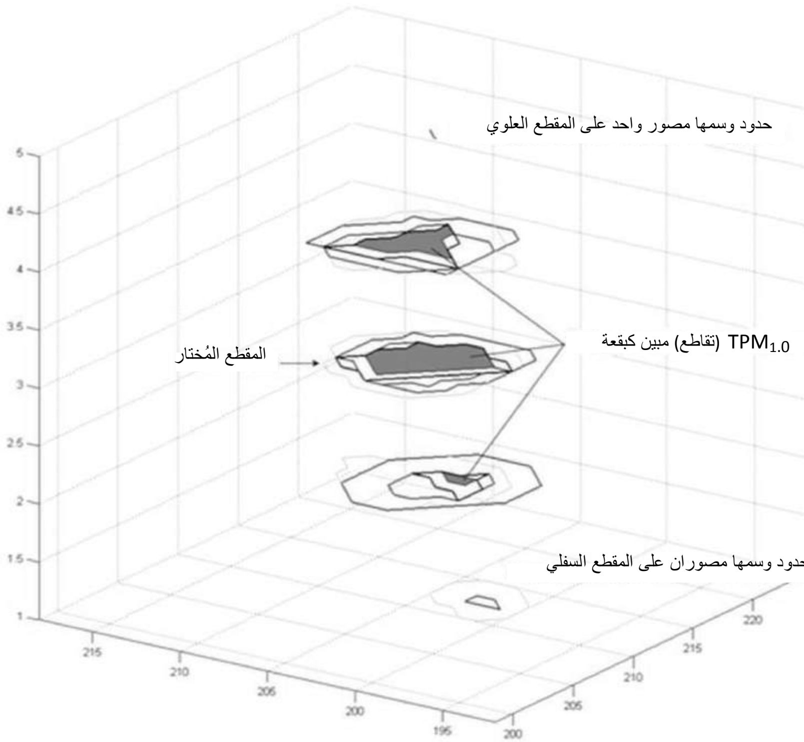


يستعمل الأسلوب المعتمد في هذا البحث المقطع الأكبر الوحيد لتمثيل العُقَيْدة، وهذا تمثيل ثنائي الأبعاد. يتطلب اتخاذ القرار بشأن كون المقطع هو المقطع الأكبر الوحيد لمعلومات مكانيّة، من مجموعة الحدود التي رسمها المصورون الشعاعيّون بطريقة مشابهة للطريقة الاحتمالية لتجميع الحدود بهدف إنشاء المنطقة موضوع الاهتمام.

لكل مقطع موسوم من أحد المصورين الشعاعيين على الأقل يجرى حساب مساحة تقاطع جميع الحدود. ويجري اختيار المقطع الذي يمتلك أكبر مساحة، وأكبر TPM 50%، بصفته المقطع المُمَثِّل. يجري اختيار التقاطع للتحقق من كون جميع المناطق الاحتمالية موضوع الاهتمام المقترحة مُعرّفة، لأنّ بقية الخرائط الاحتمالية (25 و50 و75%) تكون دوماً معرّفة إذا كانت TPM 100% معرّفة. ولكن يمكن للمقطع

الموافق لأكبر اجتماع (TPM 25%) ألاّ يكون موسوماً من قبل جميع المصورين الشعاعيين ويمكن ألاّ تكون TPM 100% معرّفةً في حالة ذلك المقطع.

الشكل (6). نبيّن طريقة اختيار المقطع المنفرد الأكبر لتمثيل العُقيدة. يبين الشكل أنّ أربعة مصورين شعاعيين قد رسموا حدود العُقيدة على نحو 5 مقاطع. يمتلك المقطع الأوسط أكبر تقاطع للحدود المرسومة، وجرى اختياره بصفته المقطع المُختار. فقط المقاطع الوسطى الثلاثة كانت موسومة من جميع المصورين، المقطع السفلي كان موسوماً من اثنين منهم وكان العلوي موسوماً من واحدٍ.



قسمات الصورة

يجري استخلاص قسمات الصورة على مستوى وحدة البكسل من مجموعة ROI بما يشمل دليل التدرج القطري (RGI) على أساس المشتق الأول للصورة والمشتق الثاني للقسمات على قاعدة هسيان (Hessian) للصورة: دليل الشكل والانحناء. وتشمل قسمات أخرى الشدة وأنتروبية التدرّج وعزوم زرنيك (Zernike).

لقد جرى تصميم دليل التدريج القطري RGI لقياس الشويكية على طول حدود إصابات مشكوك بها في تصوير الثدي (Huo, et al.,1995). تلتقط طريقة RGI مدى تغيّرية الزوايا المكوّنة بين شعاع قطري من مركز الغرض وبين اتجاه التدرج عند وحدات بكسل محددة، التغيّرية الأعلى تشير إلى غرض غير منتظم، والتغيرية الأخفض تشير إلى عرض أكثر ملاسة وكروية.

بالتقاط تغيّرية الزوايا المتكوّنة بين الشعاع القطري من مركز الغرض واتجاه التدرّج عند وحدات بكسل محدّدة، تَستَعمل خوارزمية RGI المعتمدة في هذا البحث طريقة الجداء السلمي لأشعة التدرج النظامية التي تعطي لمجموعة من وحدات البكسل قيمة وحيدة بين 1− في حالة ثقب و 1+ في حالة دائرة تامة (Kupinski, Giger, Lu and Huo, 1995). تُستعمل كلُّ وحدة بكسل في ROI لحساب RGI.

جرى تطوير قَسمتي دليل الشكل (ShapeIndex) والانحناء (Curvedness) بهدف تصنيف أشكال الأشياء كويندرنيك (Koenderink, 1990). يتراوح دليل الشكل بين 1− في حالة شكل يشبه الكأس، إلى 0 في حالة سَرج، إلى 1+ في حالة شكل يشبه القبعة. أمّا قَسَمة الانحناء فهي تقيس شدّة الانحناء في نقطة، حيث يمثل 0 الحالة المستوية. جرى تطبيق هذه الطرائق لرفض الحالات الإيجابية الكاذبة (Sahiner, et al., 2005) وجرى تعيين مدى ارتباطها مع تقييمات LIDC للشويكية (Wiemker et al., 2009).

يجري اشتقاق قَسمتي دليل الشكل والانحناء من مصفوفة هِس (Hessian Matrix) التي تمثل المشتقات الجزئية من المرتبة الثانية للصورة. ويستخدم هذا البحث

منهجيةً متعددة النطاق لإنشاء مصفوفة هس من طريق العلمية الرياضية* لوظيفة الصورة لنوى غاوس بمستويات مختلفة. فرانجي، نيسن، نيدركوم، باكر، مالي وفيارجيفر (Frangi, Niessen, Nederkoom, Bakker, Mali and Viergever, 2001). يجري استعمال خمسة سلالم مع سيغما (الانحراف المعياري لنواة غاوس) تساوي 0.5 و1 و3 و5 و7mm. تشتمل القَسَمات المُجمّعة لبناء نماذج التنبؤ على المتوسّط والوسيط والانحراف المعياري لكل من دليل الشكل والانحناء – محسوبة عند السلالم الخمسة – لوحدات البكسل المحتواة في ROI.

تقيس الأنتروبية الارتياب، أو الفوضى أو العشوائية الإحصائية في صورة على أساس الكثافة الاحتمالية للصورة، التي تحسب نموذجياً باستعمال مخطط أعمدة الصورة. تُحسب الأنتروبية من مخطط الأعمدة بصفتها سالب مجموع نواتج ضرب تعداد كل عمود بلوغاريتم هذا التعداد. تُحسب الأنتروبية لكل من شدّة وتدرج وحدات البكسل ضمن صورة ROI المختارة بوتل وسونكا وفتزباتريك (Beutel, Sonka and Fitzpatrick, 2000).

تعطي عزوم (Zernike) طريقة لا متغيرة دورانياً لالتقاط أشكال أغراض معبر عنها بصيغة كثافات احتمالية تشانغ (Chang, 2005). لتحقيق اللاتغيّر الدوراني، تستعمل عزوم Zernike خاصّة كون كثيرات حدود Zernike متعامدةً على الدائرة الواحدية، وهي من ثَمّ لا متغيرة دورانياً. وللحصول على لامتغيرات انسحابية أو سُلَّمية تُجعل عزوم Zernike نظامية بقسمتها على العزم من أصغر مرتبة.

تقديرات مميزات التشخيص

يهدف هذا البحث إلى التنبؤ برأي مُركّب انطلاقاً من الآراء الفردية للمصورين الشعاعيين من طريق تجميع تقييماتهم باستعمال تقنيات صالحة لنظام التقديرات غير العددية، والتي

* تعني التحليل الرياضي للعمليات التي تتمكن من توصيف وظيفتين دالّتين، وكثيراً ما تستخدم في توصيف عمليات الكومبيوتر (المراجع).

ليست بشكل مجالات، المستعمل في LIDC. هناك طريقتان صالحتان: طريقة الوسيط (median)، وطريقة الأكثرية المنوال (Mode). تعطي طريقة الأكثرية تفسيراً مفيداً بصفتها طريقة تصويت ولكنها تمثل تحدياً عندما لا يكون المنوال معرفاً بسبب عدم وجود اتفاق أو وجود اتفاق متعدد المنوالات. نظراً إلى وجود هذه المسألة المتعلقة بالمنوال، يُستعمل وسيط جميع تقديرات المصورين الشعاعيين للعُقيدة بصفته التنبؤ المُستهدَف (الفئة). ولدراسة تأثير وضع تقديرين متعارضين فحسب، يجري إنشاء درجة إثنانية لكل مُميّزة تشخيصية بواسطة عتبة لتقدير الوسيط. انظر: (Patrick, Gallas, Samuelson, Wagner and Myers, 2005 and Horsthemke et al., 2009) يجري فحص جميع العتبات الأربع لأجل سُلّم تقدير بخمس نقاط ويجري ذكر العتبة ذات الأداء الأفضل.

نموذج التنبؤ

يجري تجميع قَسَمات الصورة في نموذج تنبؤ/ تصنيف يستعمل أشجار قرار (Decision trees)، وهي مُقاربة تعلّم آلي تقليدية، منجّزة بواسطة خوارزمية ويتن و فرانك J48 (Witten and Frank, 2005). تُطبّق أشجار القرار على الطبيعة غير العددية (الفئوية) لطريقة جمع تقديرات LIDC، حيث تمثّل الدرجات 5-1 تقديرات غير عددية من نمط Likert بدلاً من تقديرات بمجالات أو نسب بيانات. وبعد بناء النماذج، يستعمل التقييم تقنية عشر مرات من التثبيت المتصالب لتحليل الأداء.

تعتمد نمذجة التنبؤ مُقاربة تصنيف تستعمل طريقة شجرة قرار للتنبؤ بكل من الوسيط الكلي وبالنسخة الثنائية ذات العتبة في آن معاً، وتعطي أداء التصنيف باستعمال اتفاق Kappa الخطي (Kundel and Polansky, 2003).

النتائج والمناقشة

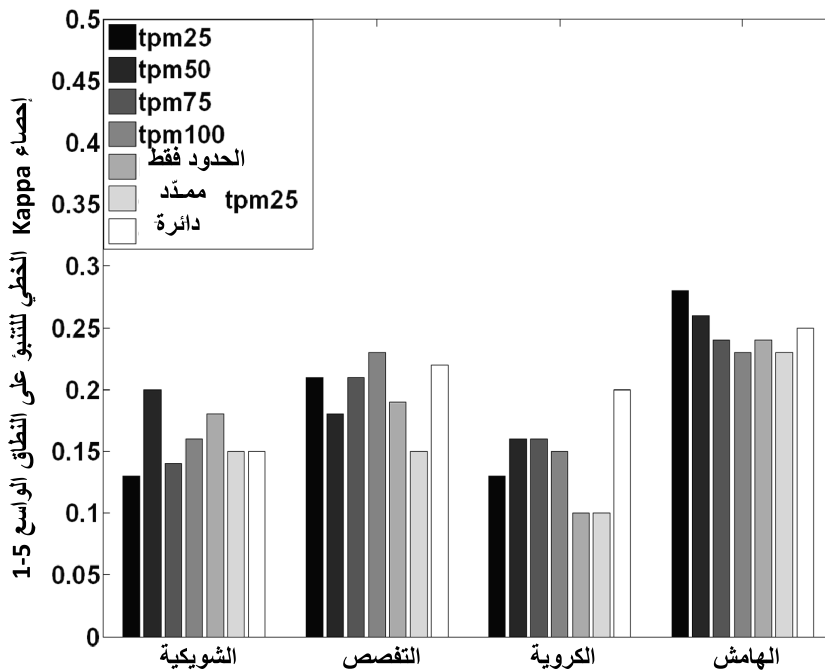
تجري مناقشة الإجابات عن الأسئلة البحثية التي طُرحت في مقطع الطرائق بدلالة تقييم الأداء التنبؤي، وتوافق Kappa الخطي المُثَقّل بين نماذج CADc وآراء المصورين

الشعاعيين. تتفحص المناقشة التالية وتقارن بين الأداء التنبؤي لنماذج السلم الكامل والنماذج ذات العتبات الثنائية؛ فتفحص إذا كان الأداء يتحسّن عندما يقدّم عدد أكبر من المصورين الشعاعيين تقديراتهم، وينظر في ما إذا كان أي من التمثيلات المكانية يعطي أداء أفضل من الباقين. وستجري أيضاً مقارنة التوافق بين CADc والمصورين الشعاعيين من جهة والتوافق بين المصورين الشعاعيين أنفسهم. وأخيراً، سوف تجري مقارنة الأداء التنبؤي لنموذج CADc باستعمال نسخة 2009 من مجموعة البيانات مع الأبحاث السابقة التي استعملت نسخة 2007.

يُبيّن الأداء التنبؤي لنماذج CADc الواسعة النطاق اتفاقاً ضعيفاً إلى مقبولٍ مع وسيط تقديرات المصورين الشعاعيين لمميزات التشخيص كما هو موضح في الشكل (7)، ويكون الاتفاق أكبر ما يمكن عند التنبؤ بالمميزة الهامشية وأصغر ما يمكن عند التنبؤ بالكروية.

يُبيّن الأداء التنبؤي لنماذج CADc الثنائية اتفاقاً ضعيفاً إلى وسطي مع تقديرات مميزات تشخيص المصورين الشعاعيين المجزأة اثنينياً كما هو موضح في الشكل (8). تنظر النتائج في أفضل أداء عند العتبات الثنائية الأربع الممكنة: 1 للشويكية، و2 للكروية، و3 للتفصص، و4 للهامش، ثمَّ يجري مزج الأداء ومميزات التشخيص، وذلك مع أن التوافق على الهامش أفضل إلى حد ما، وهو مشابه للنتائج على النطاق الواسع.

الشكل (7). يُقيّم الأداء لجميع العقيدات التي جرى تقديرها من واحد من المصورين على الأقل وجرى منحها درجة على النطاق الواسع (1-5). يقارن مخطط الأعمدة لصور ROI الأداء باستعمال إحصاء Kappa الخطي، وهو يظهر اختلافات جوهرية بين الأداء التنبؤي النسبي لبعض المميزات. مثلاً، الأداء للتنبؤ بالشويكية يساوي نحو نصف ذلك الموافق للهامش.



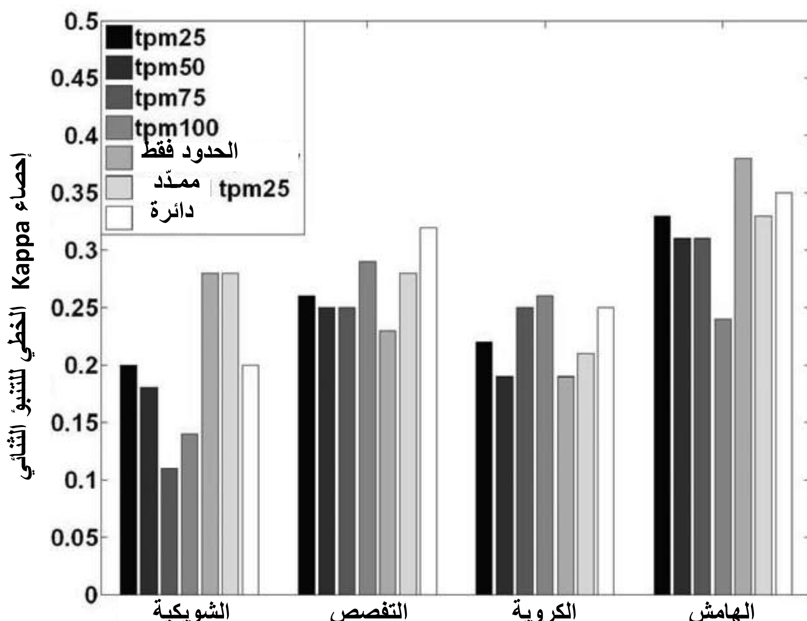
إنّ أداء نماذج التنبؤ الثنائي، كما هو متوقع، أفضل بشكل واضح من أداء نماذج التنبؤ على النطاق الواسع. إنّه لمن المتوقع أن يكون أداء التنبؤ الثنائي أفضل لأنّ الهدف

الثنائي يحتوي فقط على تقديرين– يشير إلى وجود مميزة أوإلى غيابها – وذلك في مقابل سلّم كامل يحوي خمسة تقديرات ويمثّل مجال توزع الآراء بين وجود المميزة وغيابها.

إنّ التحسّن الكلي في حالة المُقاربة الثنائية تحسنٌ جوهري، فوسطياً هناك 36% من التحسن في الوسطي بمقدار 0.07 (سلم Kappa 0-1)، وهو تحسن ملموس عند تحليله باستعمال طريقة اختبار الفروق الثنائية، كما هو مبين في الجدول (3)، فعلى السطر المسمى "جميع المميزات" تُزاوِج طريقة اختبار-t بين درجات Kappa الثنائية والشاملة لكل صورة ROI وكل مميزة وتختبر إذا كان وسطي فروقاتها يساوي 0. لمّا كان اختبار-t يفترض توزيعاً طبيعياً للفروق، فقد جرى تطبيق طريقة فروق متزاوجة غير وسيطية لا تفترض توزيعاً طبيعياً، للتثبّت من نتائج اختبار-t. تختبر طريقة الترتيب الجبري غير الوسيطية لويلكوكسون (Wilcoxon) ما إذا كان الفرق الوسيط مساوياً الصفر. لقد أجريت الاختبارات الإحصائية باستعمال Matlab®Statistics Toolbox™MATLAB 7.8 ، (MathWorks Inc.,Natick, MA, 2009).

عند تفحصها إفرادياً، كانت ثلاث من المميزات الأربع متّسقة مع النتائج المجمّعة، وأظهرت أداءً اثنانياً أفضل بقليل، ولكن أظهرت الشويكية تحسناً أصغر وغير محسوس (الجدول 3). وفي ما عدا الشويكية يكون أداء النماذج الثنائية أفضل، على نحو متناسق، من النماذج الواسعة النطاق في حالة كل واحدة من صور المناطق موضع الاهتمام السبع. أمّا في حالة الشويكية فإنّ أداء النماذج الثنائية يكون أسوأ من حالة النماذج الواسعة النطاق في حالة ثلاثة من هذه الصور.

الشكل (8). يُقَيّم الأداء جميع العقيدات التي جرى تقديرها من واحد من المصورين على الأقل وجرى منحها درجة على نطاق ثنائي، وهي نسخة مجزّأة اثنانياً من تقدير الوسيط للمصور الشعاعي. يجري تحديد السلم الثنائي بوضع عتبات على تقييم المصور الشعاعي للوسيط عند أربع مستويات في حالة السلّم الكامل 5-1. يقارن مخطط الأعمدة أفضل أداء تنبؤ ثنائي (من مجموعة العتبات الأربع) للمناطق موضوع الاهتمام ROI باستعمال مقياس Kappa الخطي.



المناطق موضع الاهتمام ROI

لم يكن أداء أي واحدة من طرائق ROI متفوقاً على أداء الطرائق الأخرى تفوقاً جوهرياً أو ملموساً، كما هو مبين في الشكل (7). واحدة من هذه الطرائق، الدائرة الموسعة، تؤدي على نحو مماثل أو أفضل من الطرائق الأخرى، وتعتمد اعتماداً أقل على المعلومات المكانية التي يقدمها المصورون الشعاعيون. في حين تستعمل الطرائق الاحتمالية الحدود المتعددة لاتخاذ القرار بشأن وجوب أن يُضمّ بكسل إلى العُقيدة أو أن يُستثنى منها. تتطلّب الدائرة الموسعة مركز العُقيدة فقط وقياساً لإنشاء دائرة تحيط إحاطة كاملة بالعُقيدَة.

لتحديد ما إذا كان أداء أيّ ROI أفضل من البقية، أُجري اختباران إحصائيان لتحليل التباين، ولقد أظهر كلاهما أنه لم يكن هناك فرق معنوي بين صور ROI. الاختبار الأول هو ANOVA الذي يفترض توزيعاً طبيعياً ولكن هذا المطلب لم يكن

محققاً. والاختبار الثاني هو اختبار Kruskal-Wallis الذي يستعمل طريقة غير وسيطية على أساس الترتيب، وهي لا تتطلب معطيات موزعة وفق توزيع طبيعي. تختبر طريقة ANOVA ما إذا كانت قيم متوسط درجات Kappa لمختلف صور ROI متساوية – تُرسم صور ROI انطلاقاً من المجتمع نفسه – وما إذا كان أحدها مختلفاً عن أي منها هوغ وليدولتر (Hogg and Ledolter, 1987). يختبر اختبار تحليل التباين الوحيد الاتجاه Kruskal-Wallis إذا كانت قيم وسيط درجات Kappa لمختلف صور ROI متساوية، وهو يستعمل مراتب Kappa بدلاً من القيم الفعلية لدرجات Kappa (Krushal and Wallis, 1952). أجريت جميع الطرائق الإحصائية باستعمال حزمة برمجية تجارية (Mathworks, 2009).

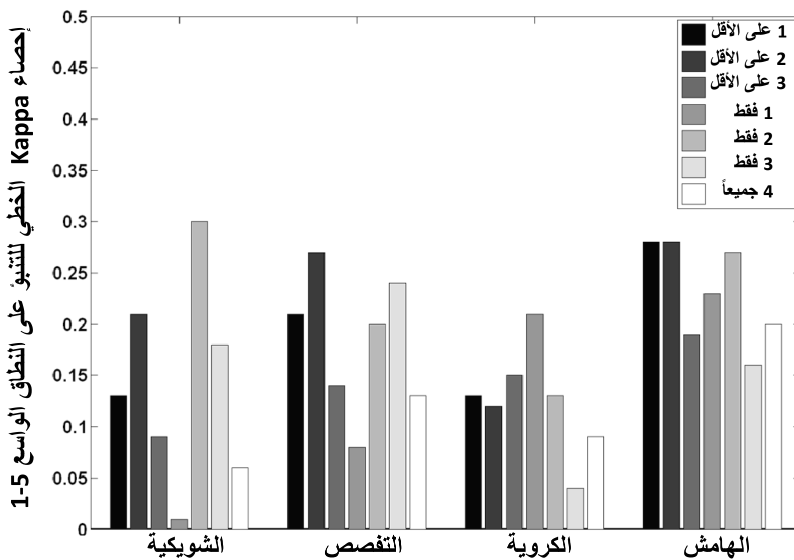
معدّل أداء التنبؤ لكل عدد من القراء

لا يعتمد أداء تنبؤ CADc على عدد المصورين الشعاعيين الذين قيّموا العُقَيْدة. فمثلاً لا يكون أداء خطة CADc أفضل (أو أسوأ) على العُقيدات التي جرى تقييمها من قبل جميع المصورين الشعاعيين الأربعة بالمقارنة مع تلك التي جرى تقييمها من مصور شعاعي واحد. وكذلك لا يكون أداء خطة أفضل (أو أسوأ) مع ازدياد عدد القراء مثل مقارنة مجموعة العُقيدات التي قرأها مصور شعاعي واحد على الأقل (جميعها) مع تلك التي قرأها اثنان على الأقل أو ثلاثة على الأقل أو الأربعة جميعاً. إنّ التأثير في الأداء على أساس عدد المصورين الشعاعيين ملتبسٌ ولا يظهر أي توجه أو نمط كما هو موضح في الشكل (9).

الجدول (3). يجري تحليل مفعول النسبة ومفعول القياس والمعنى الإحصائي للفروق بين النماذج الثنائية والواسعة النطاق باستعمال اختبار-t لأزواج الفروق واختبار المراتب الجبرية لويلكوكسون. جميع الفروق باستثناء مميزة الشويكية هي فروق معنوية عند المستوى 0.05، وذلك مع أنّ متوسطات الفروق ليست ملموسة (أقل من 0.1 على سلم Kappa الخطي المثقّل0-1).

	%	$\bar{\Delta}$	**قيم** p	
			اختبار-t لأزواج الفروق	**المراتب الجبرية لويلكوكسون**
جميع المميزات	36%	0.07	0.001>	0.001>
الشويكية	25%	0.04	0.07	0.218
التفصّص	35%	0.07	0.001>	0.016
الكروية	57%	0.08	0.001>	0.016
الهامش	30%	0.07	0.002	0.016

الشكل(9). إنّ أداء التنبؤ مبيّن على أساس عدد القرّاء ومقيّم باستعمال اختبار Kappa الخطي المُثقّل في حالة نموذج التنبؤ على النطاق الشامل ومنطقة موضوع الاهتمام ROI ذات شكل دائري (التي تبيّن أنها فاعلة بالقدر نفسه، أي طريقة ROI أخرى).



ازدياد توافق المصورين من 2007 إلى 2009

تستعمل نماذج CADc التي نوقشت في هذا الفصل نسخة 2009 من قاعدة بيانات LIDC، ولكن الأبحاث السابقة كانت تستعمل نسخة 2007 منه. يتيح هذا إجراء مُقارنة التغيرات في التوافق بين المصورين الشعاعيين بين نسختي 2007 و2009، بالإضافة إلى مقارنة نماذج CADc القديمة مع هذا البحث.

لقد زاد التوافق بين المصورين الشعاعيين على نحو ملموس بين نسختي 2007 و2009 المتوافرتين للعموم. يُقاس التوافق بين المصورين الشعاعيين باستعمال مقارنة بين أزواج المصورين الشعاعيين وتستعمل فقط تلك العُقيدات التي جرت دراستها من اثنين من

المصورين على الأقل، وذلك لتجنب تعداد الاتفاق التام الذي يُلحَظ في حالة العُقَيْدات التي يقيمها مصور واحد والذي سيرفع عدد التوافقات ويجعل النتيجة منحازة.

تحتوي مجموعة المعطيات المستعملة من نسخة 2009 في هذا البحث وتقييم التوافق على العُقَيْدات المجمّعة بعد نسخة 2007. إنّ الفصل عن مجموعة معطيات 2007 يؤدي إلى عزل نسخة 2009 عن مشكلة المجموعة المقلوبة التي جرى تعيينها بشأن مميزات التفصّص والشويكية عند بعض مواقع تسجيل LIDC.

لقد جرى قياس التوافق باستعمال طريقة متوسط الفروق التي جرت مناقشتها سابقاً وطريقة اختبار Kappa الخطي المثقّل. تبيّن طريقة متوسط جميع أزواج الفروق تحسيناً جوهرياً لكل مميزة باستثناء الكروية وتُظهر درجات Kappa تحسيناً ملموساً يتراوح من 0.1 في حالة الكروية إلى 0.15 في حالة التفصص على سلّم Kappa 1-0 كما هو مبين في الجدول (4)، وكما هو موضح في الشكل (10) باستعمال رسوم ذات مستطيلات لإظهار مجال متوسط جميع فروق الأزواج لكل عُقَيْدة، وفي الشكل (11) باستعمال مخطط أعمدة لمقارنة التوافقات بين نسخة 2007 ونسخة 2009.

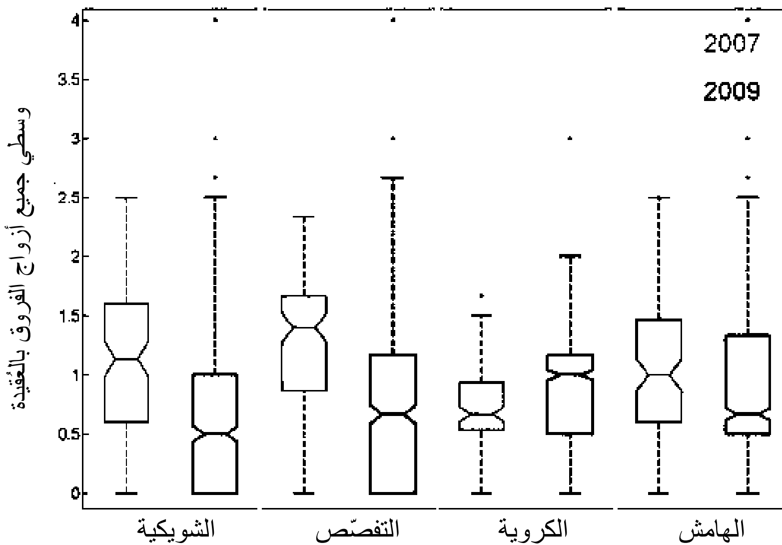
أداء تنبؤ CADc

لقد تحسن أداء تنبؤ CADc، على أساس بيانات LIDC 2009، تحسناً جوهرياً منذ البحث السابق الذي استعمل معطيات 2007 كما هو مبين في الجدول (5). تبيّن مُقاربة CADc الحالية توافقاً مقبولاً مع آراء المصورين الشعاعيين المجمّعة، على أساس سلّم تفسير Kappa الذي نصح به ألتمان (Altman,1990). إنّ التوافق بين نماذج CADc وآراء المصورين الشعاعيين المجمّعة يشابه التوافق بين المصورين الشعاعيين أنفسهم. في حالة الكروية والهامش، يكون توافق CADc أفضل بقدر يسير من التوافق بين المصورين. وفي حالة الشويكية والتفصّص يكون توافق CADc أكثر انخفاضاً بنحو 0.1، على سلم 1-0 Kappa، من التوافق المحقّق بين المصورين الشعاعيين.

الجدول (4). التغيير في التوافق حول تقييمات التشخيص بين المصورين الشعاعيين من 2007 إلى 2009. الفروقات والتوافقات مُقاسَة باستعمال مقارنات ثنائية للتقديرات في حالة العُقيدات التي جرى وَسمها من قبل مصورِيَن شعاعيين اثنين على الأقل.

	متوسط فروق جميع الأزواج بالعُقيدة				**Kappa خطي مُثَقّل**		
	2007		**2009**	**ANOVA 1 way**	**2007**		**2009**
الشويكية	1.16	⇓	0.64	$p<0.01$	0.14	⇑	0.28
التفصص	1.28	⇓	0.79	$p<0.02$	0.11	⇑	0.26
الكروية	0.77	⇑	0.87	$p=0.10$	0.09	⇑	0.19
الهامش	1.08	⇓	0.91	$p=0.03$	0.08	⇑	0.21
	فروق أصغر تشير إلى اتفاق أكبر بين القراء				درجات أعلى تعني اتفاق أكبر		

الشكل (10). تحسّن التوافق بين المصورين الشعاعيين تحسناً جوهرياً من 2007 إلى 2009 كما هو مبين في الانخفاض في وسطي درجات عدم التوافق.



يتفق هذا التحسّن في أداء CADc مع تحسّن جوهري في الاتفاق بين المصورين الشعاعيين بين مجموعة معطيات LIDC 2007 التي استعملت في البحث السابق لمجموعة معطيات 2009 المبيّنة في الجدول (5). يتراوح التحسّن في توافق Kappa في CADc بين 0.01 و0.2 في حين ازداد التوافق بين المصورين الشعاعيين من 0.1 إلى 0.15.

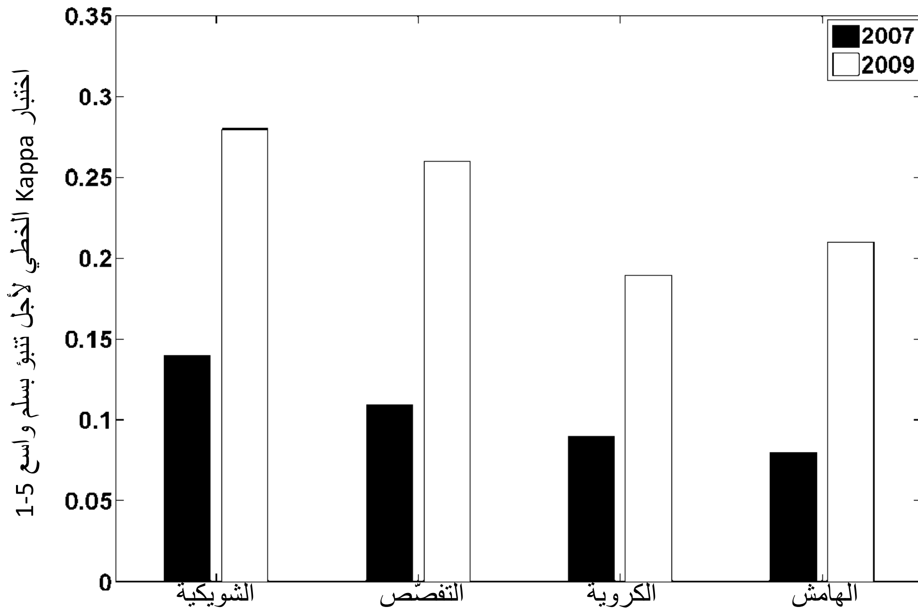
النتيجة

تبدو مُقاربة CADc واعدة جداً لتقييم مميزات تشخيص ذي معنى طبيّ على نحو مؤتمت وتتفق إلى حدّ مقبول مع الرأي الوسيط المركّب لمجموعة من المصورين الشعاعيين. وإذا جرى تبسيط مهمة CADc من مسألة تقدير مدى مميّزة تشخيصية إلى مسألة اكتشاف وجود أو غياب تلك المميزة – من تقدير على سلّم من 1 إلى 5 إلى مسألة ثنائية ذات صفين – عندئذ تتحسن الطرائق القائمة على الحاسوب تحسناً جوهرياً – من مقبول إلى جيد. ولأن المصورين الشعاعيين يشيرون فقط إلى كون عُقيدة ما شويكية أو متفصّصة مثلاً، فإن القدرة على تحديد هذه المميزات أمرٌ مهمٌ.

ليس لمسألة تحديد أي وحدات البكسل تنتمي إلى العُقيدة – مسألة المنطقة موضوع الاهتمام في تحليل الصورة– أي أثر معنوي أو جوهري في أداء التوصيف. أقلها تعقيداً، الدائرة المحيطة بالعُقَيْدة، تعطي أداءً بقدر جودة الطرائق الأكثر تحديداً التي تتطلب حدوداً أكثر تفصيلاً من المصورين الشعاعيين. تتطلّب المُقاربة الدائريّة تحديد مركز العُقيدة فقط وقياسها وهو الأمر الذي يمكن أن توفره خوارزميات اكتشاف وقياس العُقَيْدات الموجودة مثل خرائط RGI روي، أرماتو الثالث، ويلسون و دروكر (Roy, Armato III, Wilson and Drukker, 2006) و Laplacian of Gaussian (Jirapatnaku, Fotin, Reeves, Biancardi, Yankelevits and Henschke, 2009).

قد لا يتفق المصورون الشعاعيون على كون بؤرة شاذة فعلاً عُقيدة رئوية، وتحتوي قاعدة بيانات LIDC العديد من العُقَيْدات التي جرى تقييمها من واحد من المصورين الشعاعيين أو من أربعة من المصورين الشعاعيين فقط. لما كان من المتوقع أن تُسْتَعمل المميّزات المرئية المقدّرة في LIDC والمدروسة في هذا الفصل من قِبَل المصورين الشعاعيين في تحديد العُقيدات الرئوية ثُمّ تشخيصها، فقد استكشف هذا البحث تأثير عدد المصورين الشعاعيين الذين حددوا البؤرة الشاذة بصفتها عُقيدة على أداء التنبؤ ولكنه لم يجد أي تأثير لهذا في الأداء.

الشكل (11). تحسّن التوافق بين المصورين الشعاعيين تحسناً جوهرياً من 2007 إلى 2009 كما هو مبين في الانخفاض في توافق Kappa الخطي المُثَقّل.



الجدول (5). تجري مقارنة التحسّن في أداء CADc بين البحث الحالي والسابق مع توافق المصورين في حالة نسختي قواعد بيانات LIDC. تظهر الفروقات في التوافق بصفتها تحسينات وتتراوح من تحسن صغير (0.01) في حالة الشويكية إلى تحسّن جوهري (0.2) في حالة الكروية. يتحسن التوافق بين المصورين الشعاعيين تحسناً جوهرياً بين نسختي مجموعتي بيانات 2007 و2009 من LIDC. جرى حساب جميع تقييمات الأداء باستعمال Kappa الخطي المُثَقّل (على سلم 1-0). لقد عُرضت مُقاربة حدود المنطقة موضع الاهتمام سابقاً (Horsthemke et al., 2009) ولكنها لم تقم بنمذجة مميزة للهامش.

نسخة LIDC	**حدود المنطقة موضع الاهتمام 2007**		**النتائج الحالية 2009.**		**التحسّن في التوافق**	
	CADc	**المصورون**	**CADc**	**المصورون**	**CADc**	**المصورون**
الشويكية	0.19	0.14	0.20	0.28	0.01	0.14
التفصّص	0.08	0.11	0.20	0.26	0.12	0.15
الكروية	0.00	0.09	0.20	0.19	0.20	0.10
الهامش	لا يوجد	0.08	0.25	0.21	لايوجد	0.13

المتطلبات والتحديات ونقاط القصور

إنّ هذا البحث قاصر في عدد من النقاط ويواجه عدداً من التحديات ناتجة من تبعيات مُقاربة CADc، وتصميم القرارات، وقاعدة معطيات LIDC، أو غير ذلك من القضايا.

لقد استعمل تصميم البحث فقط القَسَمات على أساس وحدات البكسل، وليس القسمات التي قاست الحدود المحيطة بالمناطق موضع الاهتمام. لقد أنشأت طريقة شمل وحدات البكسل الاحتمالية ستاً من المناطق موضع الاهتمام السبع (باستثناء المُقاربة الدائرية)، ولكن تصميم البحث قرّر ضدَّ قياس قسمات من الحدود المعقدة لأشكال هذه المناطق موضوع الاهتمام. لقد كان استثناء استعمال الحدود في قياس القَسَمات معتمداً

تفسيرَ الحدود بصفتها حدوداً مصطنعة ناتجة من إجرائية اختيار وحدات بكسل المنطقة موضع الاهتمام وليس بصفتها تحديداً للحدود الفعلية للعُقيدة التي جرى انطلاقاً منها إنشاء المناطق موضع الاهتمام. بعكس الحدود المرسومة من قبل مصور شعاعي والتي تصف اتساع عُقيدة ومحيطها، لا تمثّل الحدود حول المناطق الاحتمالية موضوع الاهتمام أي رأي معطى من خبير بل هي نتيجة اصطناعيّة ناتجة من إجرائية شمل أو استثناء وحدات البكسل. لقد استثنى قرار التصميم هذا العديد من خوارزميات قياس القَسَمات على أساس الحدود التي كان من الممكن أن تعطي نتائج مختلفة وأن تقترح استنتاجات مختلفة.

لقد استعمل تطوير نموذج CADc أشجار القرار بواسطة مُقاربة تصنيفية. تنظر هذه الطريقة المؤسسة على قاعدة التعلّم الآلي إلى كل تقييم بصفته فئة يجب تصنيفها دون أخذ ترتيب التقييم في الاعتبار. لم تجد الأبحاث الاستكشافية أي تحسّن جوهري في استعمال طرائق تستفيد من الترتيب الطبيعي للتقييمات مثل انكفاء المتجه الحامل وطريقة التصنيف غير الرقمية المقترحة من قِبَل فرانك و هال (Frank and Hall, 2001) والتي تحوّل التقديرات الخمسة إلى أربع مسائل ثنائية، ولكن يبدو أنّ هناك حاجة إلى أبحاث إضافية.

العمل المستقبلي

يجب متابعة استكشاف خوارزميات القبض على العُقيدات مثل خرائط RGI أو (Laplacian of Gaussian) (blobs)، بهدف تحديد أيُّها يعمل بشكل جيد بهدف إنشاء المنطقة موضوع الاهتمام ذات الدائرة الموسعة التي يجري قياسها حالياً باستعمال اجتماع الحدود من جميع المصورين الشعاعيين. يجب النظر في التقطيع المباشر للعُقيدة بهدف إنشاء المناطق موضع الاهتمام لأنّ الحدود التي يجري تشكيلها عبر التقطيع قد تكوّن قَسمات مفيدة لنماذج CADc. ويمكن لتوسيع طرائق إنشاء المناطق موضع الاهتمام لتصبح ثلاثية الأبعاد أن يجعلها تلتقط معلومات إضافية لتحسين أداء CADc.

يجب أيضاً النظر في طرائق نمذجة أخرى، وخصوصاً تلك التي تأخذ ترتيب تقييمات LIDC في الاعتبار، مثل انكفاء متّجه الحامل والتصنيف غير الرقمي. لم تكن الدراسات البحثية الاستكشافية التي تستعمل هذه الطرائق ناجحة، ولكن مع ازدياد التوافق بين المصورين الشعاعيين، يمكن لهذه أن تستفيد استفادة أفضل من الطبيعة غير الرقمية للتقييمات. ويجب متابعة الطرائق التي يمكن أن تحتمل وجود عدم توازن بين تقديرات المصورين الشعاعيين، مثل طرائق التعلّم النشط التي اقترحها زينوفاف Zinovev وزملاؤه في (Zinovev, Raicu, Furst and Armato III, 2009).

يمكن تحسين أداء تنبؤ CADc في حالة التقديرات المُمَثّلة تمثيلاً منخفضاً بواسطة طرائق إعادة أخذ العينات من قاعدة البيانات التي تتراوح بين زيادة عدد تقديرات الأقلية، وخفض عدد تقديرات الأكثرية، أو طرائق إنشاء المعطيات مثل تقنية المُغالاة التركيبيّة في أخذ عينة الأقلية (SMOTE) المقترحة من شاولا، بوبير، هال و كيغلماير (Chawla, Bowyer, Hall and Kegelmeyer, 2002). ولقد جرت مناقشة مقاربات أخرى ممكنة في مقالة شاملة حديثة هي و غارسيا (HeandGarcia, 2009).

الخلاصة

تُعطي الطرائق المؤتمتة لتكميم مُميِّزات تشخيص العُقَيْدات الرئوية أملاً واعداً في مساعدة المصورين الشعاعيين في إجرائية اتخاذ القرار بشأن تشخيصهم. لقد أظهر هذا الفصل أنّ تصميم وتطوير طرائق مُساعَدة حاسوبياً قد حسّن ولكنه بقي محدوداً بسبب التباين في الحقيقة الأساسية الضرورية لتدريب وتقييم هذه النماذج. يمكن للأبحاث في طرائق النمذجة في CADc أن تحسّن الأداء التنبؤي لـ CADc، ولكنها تبقى قاصرةً بسبب نقصان التوافق بين المصورين الشعاعيين عند تفسيرهم للمميزات التشخيصية المرئية للعُقيدات الرئويّة.

المراجع

Altman, D. G. (1990). *Practical statistics for medical research*. Chapman and Hall.

American College of Radiology. (2003). *Breast imaging reporting and data system*. BI-RADS.

Armato, S. III, Roberts, R. Y., Kocherginsky, M., Aberle, D. R., Kazerooni, E. A., and MacMahon, H. (2009). Assessment of radiologist performance in the detection of lung nodules: Dependence on the definition of "truth" *Academic Radiology*, 16(1), 28–38. doi:10.1016/ j.acra. 2008.05.022

Armato, S. G., McLennan, G., McNitt-Gray, M. F., Meyer, C. R., Yankelevitz, D., and Aberle, D. R. (2004). Lung image database consortium: Developing a resource for the medical imaging research community. *Radiology*, 232(3), 739–748. doi:10.1148/radiol.2323032035

Beutel, J., Sonka, M., and Fitzpatrick, J. M. (2000). *Handbook of medical imaging: Medical image processing and analysis*. Bellingham, WA: SPIE.

Burns, J., Haramati, L. B., Whitney, K., and Zelefsky, M. N. (2004). Consistency of reporting basic characteristics of lung nodules and masses on computed tomography. *Academic Radiology*, 11 (2), 233–237. doi:10.1016/S1076-6332(03)00573-7

Chakraborty, D. (2002). Statistical power in observer performance studies: Comparison of the receiver operating characteristic and free-response methods in tasks involving localization. *Academic Radiology*, 9 (2), 147–156. doi:10.1016/S1076-6332(03)80164-2

Chang, K. Y. (2005). *IDEAL pattern recognition toolbox*. Retrieved from www.mathworks.com/ matlabcentral/fileexchange/7972

Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., and Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: Synthetic minority over-sampling technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 16, 321–357.

Datteri, R., Raicu, D. S., and Furst, J. D. (2008).*Texture analysis for pulmonary nodules interpretation and retrieval*. San Diego, CA: SPIE.

Doi, K. (2005). Current status and future potential of computer-aided diagnosis in medical imaging. *The British Journal of Radiology*, 78(1). doi:10.1259/bjr/82933343

Fleiss, J. (1981). *Statistical methods for rates and proportions*. Wiley.

Frangi, A. F., Niessen, W. J., Nederkoorn, P. J., Bakker, J., Mali, W. P., and Viergever, M. A. (2001).Quantitative analysis of vascular morphology from 3D MR angiograms: In vitro and in vivo results. *Magnetic Resonance in Medicine*, 45(2), 311–322. doi:10.1002/1522-2594 (200102) 45:2<311::AIDMRM1040>3.0.CO;2-7

Frank, E., and Hall, M. (2001). *A simple approach to ordinal classification.* 12th European Conference on Machine Learning (pp. 145-156). Freiburg, Germany: Springer.

Giger, M. L., Doi, K., MacMahon, H., Metz, C. E., and Yin, F. F. (1990). Pulmonary nodules: Computer-aided detection in digital chest images. *Radiographics*, 10, 861–865.

Giger, M. L., Huo, Z., Vyborny, C. J., Lan, L., Bonta, I. R., and Horsch, K. (2002). *Intelligent CAD workstation for breast imaging using similarity to known lesions and multiple visual prompt aids* (pp. 768–773). San Diego: SPIE.

Gur, D., Zheng, B., Fuhrman, C. R., and Hardesty, L. (2004). On the testing and reporting of computer-aided detection results for lung cancer detection. *Radiology*, 232, 5–6. doi:10.1148/radiol.2321032014

He, H., and Garcia, E. A. (2009). Learning from imbalanced data. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 21(9), 1263–1284. doi:10.1109/TKDE.2008.239

Heath, M., Bowyer, K., Kopans, D., Moore, R.,and Kegelmeyer, W. (2001). *The digital database for screening mammography*. Fifth International Workshop on Digital Mammography, (pp. 212-218).

Hogg, R., and Ledolter, J. (1987). *Engineering statistics*. New York, NY: MacMillan.

Horsthemke, W. H., Raicu, D. S., and Furst, J. D. (2009). *Characterizing pulmonary nodule shape using a boundary-region approach*. Orlando, FL: SPIE.

Horsthemke, W. H., Raicu, D. S., and Furst, J. D. (2009). Evaluation challenges for bridging semantic gap: Shape disagreements in the LIDC. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 17–33. doi:10.4018/jhisi.2009010102

Huo, Z., Giger, M. L., Vyborny, C. J., Bick, U., Lu, P., and Wolverton, D. E. (1995). Analysis of spiculation in the computerized classification of mammographic masses. *Medical Physics*, 22(10). doi:10.1118/1.597626

Jirapatnaku, A. C., Fotin, S. V., Reeves, A. P.,Biancardi, A. M., Yankelevits, D. F., and Henschke, C. I. (2009). *Automated nodule location and size estimation using a multi-scale Laplacian of Gaussian filtering approach. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 1028–1031). Minneapolis, MN: IEEE.

Kahn, C. E., Channin, D. S., and Rubin, D. L. (2006). An ontology for PACS integration. *Journal of Digital Imaging*, 19(4), 316–327. doi:10.1007/s10278-006-0627-3

Koenderink, J. (1990). *Solid shape*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Kruskal, W. H., and Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 48(264), 583–621. doi:10.2307/2280779

Kundel, H., and Polansky, M. (2003). Measurement of observer agreement. *Radiology*, 228(2), 303–308. doi:10.1148/radiol.2282011860

Kupinski, M., Giger, M., Lu, P., and Huo, Z. (1995). *Computerized detection of mammographic lesions: Performance of artificial neural network with enhanced feature extraction*. SPIE Medical Imaging.

Lam, M. O., Disney, T., Raicu, D. S., Furst, J. D., and Channin, D. S. (2007). BRISC—An open source pulmonary nodule image retrieval framework. *Journal of Digital Imaging*, 20(1), 63–71. doi:10.1007/s10278-007-9059-y

Landis, J. R., and Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. doi:10.2307/2529310

Langlotz, C. P. (2006). RadLex: A new method for indexing online educational materials. *Radiographics*, 27(1), 1595–1597. doi:10.1148/ rg.266065168

Lazarus, E., Mainiero, M., Schepps, B., Koelliker, S., and Livingston, L. (2006). BI-RADS lexicon for US and mammography: Interobserver variability and positive predictive value. *Radiology*, 239(2),385–391. doi: 10.1148/ radiol.2392042127

Li, Q., Li, F., Shiraishi, J., Katsuragawa, S., Sone, S., and Doi, K. (2003). Investigation of new psychophysical measures for evaluation of similar images on thoracic CT for distinction between benign and malignant nodules. *Medical Physics*, 32(7), 2584–2593. doi:10.1118/1.1605351

Mathworks. (2009). *Matlab.* Natick, MA.

Metz, C. E. (2008). ROC analysis in medical imaging: A tutorial review of the literature. *Radiological Physics and Technology*, 1, 2–12. doi:10.1007/s12194-007-0002-1

Meyer, C. R., Johnson, T. D., McLennan, G., Aberle, D. R., Kazerooni, E. A., and Macmahon, H.(2006). Evaluation of lung MDCT nodule annotation across radiologists and methods. *Radiology*, 13(10), 385–391.

Müller, H., Rosset, A., Vallée, J., Terrier, F., and Geissbuhler, A. (2004). A reference data set for the evaluation of medical image retrieval systems. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 28(6), 295–305. doi:10.1016/j.compmedimag. 2004.04.005

Muramatsu, C., Li, Q., Suzuki, K., Schmidt, R.A., Shiraishi, J., and Newstead, G. M. (2005). Investigation of psychophysical measures for evaluation of similar images for mammographic masses: Preliminary results. *Medical Physics*, 32,2295–2304. doi:10.1118/1.1944913

Nakamura, K., Yoshida, H., and Engelmann, R. (2000). Computerized analysis of the likelihood of malignancy in solitary pulmonary nodules with use of artificial neural networks. *Radiology*, 214,823–830.

Obuchowski, N., Lieber, M., and Powell, K. (2000). Data analysis for detection and localization of multiple abnormalities with application to mammography. *Academic Radiology*, 7(7), 516–525. doi:10.1016/S1076-6332(00)80324-4

Petrick, N., Gallas, B. D., Samuelson, F. W.,Wagner, R. F., and Myers, K. J. (2005). *Influence of panel size and expert skill on truth panel performance when combining expert ratings*. SPIE Medical Imaging.

Raicu, D., Varutbangkul, E., Cisneros, J., Furst, J., Channin, D., and Armato, S. III. (2007). *Semantics and image content integration for pulmonary nodule interpretation in thoracic computed tomography*. San Diego, CA: SPIE.

Roy, A. S., Armato, S. G. III, Wilson, A., and Drukker, K. (2006). Automated detection of lung nodules in CT scans: False-positive reduction with the radial-gradient index. *Medical Physics*, 33(4), 1133–1140. doi:10.1118/1.2178450

Sahiner, B., Ge, Z., Chan, H., Hadjiiski, L., Bogot, N., and Cascade, P. (2005). *False-positive reduction using Hessian features in computer-aided detection of pulmonary nodules on thoracic CT images*. San Diego, CA: SPIE.

Sahiner, B., Hadjiiski, L. M., Chan, H.-P., Paramagul, C., Nees, A., and Helvie, M. (2008). *Concordance of computer-extracted image features with BI-RADS descriptors for mammographic mass margin*. San Diego, CA: SPIE.

Tao, Y., Lo, S.-C. B., Freedman, M. T., Makariou, E., and Xuan, J. (2008). *Automatic categorization of mammographic masses using BI-RADS as a guidance*. San Diego, CA: SPIE.

Vanbelle, S., and Albert, A. (2008). A note on the linearly weighted kappa coefficient for ordinal scales. *Statistical Methodology*, 6(2), 157–163. doi:10.1016/j.stamet.2008.06.001

Varutbangkul, E., Raicu, D. S., and Furst, J. D. (2007). *A computer-aided diagnosis framework for pulmonary nodule interpretation in thoracic computed tomography*. DePaul CTI Research Symposium, DePaul University.

Wiemker, R., Bergtholdt, M., Dharaiya, E., Kabus, S., and Lee, M. C. (2009). *Agreement of CAD features with expert observer ratings for characterization of pulmonary nodules in CT using the LIDC-IDRI database*. Orlando, FL: SPIE.

Wiemker, R., Opfer, R., Bulow, T., Kabus, S., and Dharaiya, E. (2008). *Repeatability and noise robustness of spicularity features for computer aided characterization of pulmonary nodules in CT*. San Diego, CA: SPIE.

Witten, I. H., and Frank, E. (2005). *Data mining: Practical machine learning tools and techniques*. Morgan Kaufmann.

Zheng, B. (2009). Computer-aided diagnosis in mammography using content-based image retrieval approaches: Current status and future perspectives. *Algorithms*, 2(2), 828–849. doi:10.3390/a2020828

Zinovev, D., Raicu, D., Furst, J., and Armato, S. G. III. (2009). Predicting radiological panel opinions using a panel of machine learning classifiers. *Algorithms*, 2(4), 1473–1502. doi:10.3390/a2041473

الفصل الثالث

استرجاع الصور المتعددة الصيغ على أساس المحتوى في الرعاية الصحيّة

التطبيقات الحالية والتحديات المستقبلية

جينمان كيم

جامعة سيدني، أستراليا

أشنيل كيومار

جامعة سيدني، أستراليا

توم وايدونغ كاي

جامعة سيدني، أستراليا

دايفد داغان فنغ

جامعة سيدني، أستراليا وجامعة بوليتكنيك هونغ كونغ، هونغ كونغ

ملخص

لقد أصبحت بيئات الرعاية الصحية الحديثة تعتمد اعتماداً متزايداً على التصوير الطبي، وأدى هذا إلى تزايد هائل في عدد الصور المأخوذة ضمن إطار إدارة المرضى. ولقد مكّن الإقحام الحديث للماسحات المتعددة الصيغ من تحقيق قدرات لا سابق لها في تشخيص المرضى. في التصوير المتعدد الصيغ، تُؤخذ صيغتان متتامتان أو أكثر من صيغ

التصوير إما على التوالي أو في آن واحد، مثل التصوير الطبقي الوظيفي بانبعاث البوزيترون (Positron Emission Tomograph) (PET) مجتمعاً مع التصوير الطبقي المحسوب تشريحياً (Anatomical Computed Tomography) (CT).

يمثّل الاسترجاع الدقيق والفاعل للمعلومات المهمّة من معطيات المرضى المتزايدة بشكل سريع واحداً من أكبر التحديات التي تواجهها التطبيقات التي تحتاج إلى الحصول على معرفة مجمّعة ومعلومات من هذه الصور، مثل التشخيص على أساس الصورة، والجراحة المُوجهّة بالصورة، ومراقبة تطور المرضى (استجابة المريض للعلاج)، وتدريب الأطباء وتعليمهم، والأبحاث الطبية الحيوية. إنّ استرجاع معطيات صور المرضى على أساس قَسَمات الصورة هو متمّم حديث للاسترجاع على أساس النصّ، ويسمح بجعل معرفةٍ مُجمّعةٍ متوافرةً عبر البحث. لقد حدث نمو ملموس في أبحاث استرجاع الصورة على أساس المحتوى (CBIR) وفي تطبيقاته السريرية.
ولكنّ تقانات الاسترجاع الحالية مصممة أساساً للصور الوحيدة الصيغة وتبقى محدودة في حالة الصور المتعددة الصيغ، لأنها لا تستعمل المعلومات المتكاملة المتأصّلة في هذه المعطيات استعمالاً كاملاً. مثل التموضع المكاني للشذوذات الوظيفية من PET وعلاقتها بالبُنى التشريحية من CT.

يتطلب التصوير المتعدد الصيغ ابتكارات في الخوارزميات والأساليب في جميع مجالات CBIR، بما يشمل استخلاص القَسَمات، والتمثيل والفهرسة وقياس التشابه وتجميع نتائج الاسترجاع المتشابهة وذلك بالإضافة إلى تفاعل المستعمل. سنناقش في هذا الفصل تزايد التصوير المتعدد الصيغ في الممارسة السريرية. سنلخص بعضاً من إنجازاتنا الرائدة في مجال CBIR في العمل مع هذه المعطيات، بالإضافة إلى تطبيقٍ محدد في مجال PET-CT بصفته مثالاً. وسنناقش أيضاً التحديات المستقبلية في هذا المجال البازغ والمهم جداً.

مقدمة

يشير استرجاع الصورة على أساس المحتوى (CBIR) إلى استعمال صفاتٍ مميزةٍ مرئية في الصور للبحث في قاعدة المعطيات. ولقد شهدنا حديثاً نمواً سريعاً في أبحاث CBIR وفي تطوير تطبيقات سريرية لقواعد معطيات الصور الطبية على أساس CBIR (Muller, 2004; Cai, 2007; Deserno, 2007; Long, 2009; Kim, 2009). تشمل بعض تحريات CBIR المعروفة، استرجاعَ صور الرئة الطبقية المحسوبة العالية المَيْز (CT) التي أدخلها شيو (Shyu, 1999)؛ ودراسةً أجراها (El-Naqa, 2004) بغية استرجاع أنواع التكلس الميكروية من صور الثدي؛ واسترجاع الصور الطبقية بالانبعاث الديناميكي للبوزيترون (PET) على أساس الصفات المميزة الزمنية كاي و كيم (Cai,2000; Kim, 2006)؛ وحديثاً، نظام استرجاع لصور الأشعة السينية للعمود الفقري باستعمال مقاربة مُماثَلَة الشكل الجزئي شو (Xu, 2008).

لقد صُمّمتْ أنظمة CBIR المذكورة سابقاً للعمل على صيغة تصوير من نوع واحد وكانت من ثَمّ قادرة على استعمال معرفة خاصة بالمجال وأمثليات معالجة الصورة. ولكن يمكن لمثل هذه المُقاربات أن تكون محدودة عند تطبيقها وذلك عندما تطّبق على صيغ تصوير مختلفة. هناك عدة دراسات CBIR غير مقتصرة على صيغة وحيدة وتهدف إلى دعم مجالات متنوعة من الصور الطبية. فمثلاً جرى في (Lehmann, 2005) عرض تصنيف مؤتمت لتنوع واسع من الصور الطبية، يسمح بإجراء تصنيف متين وقوي للصور الطبية. أثبتت نتائجهم أن تقنية التصنيف التي اتبعوها، والتي كانت تعتمد على القسمات البنيوية الشاملة للصورة وعلى تغيير السلّم، كانت ناجحة في تصنيف الصور تبعاً للمناطق التشريحية، وصيغة التصوير والتوجيه النوعي. ولقد قاد إدخال (ImageCLEFmed) ، وهو المقطع الطبي من ملتقى (Cross Language Evaluation Forum) ، إلى ازدياد الاهتمام في تقييس التصنيف المؤتمت واسترجاع المعلومات من صيغ متنوعة للصور الطبية (Deselaers, 2009; Rahman, 2007). لقد أنشأ

ImageCLEFmed بيئةً قياسية لتقييم وتحسين استرجاع الصور على أساس المحتوى من مجموعات غير متجانسة تحوي صوراً إلى جانب المعلومات النصيّة.

ولكن، بقطع النظر عن قدرتها على الاسترجاع من قواعد معطيات متعددة الصيغ، تبقى تقنيات الاسترجاع الحالية مصممة أصلاً لاسترجاع صور وحيدة الصيغة. لذلك، تبقى هذه الخوارزميات والأنظمة محدودة عند تطبيقها على صور متعددة الصيغ، لأنها لا تستعمل استعمالاً كاملاً المعلومات المتمّمة الإضافية التي يمكن اشتقاقها من هذه الصور. في هذا الفصل، نتحدّث عن صورة متعددة الصيغ عندما نشير إلى صيغتين أو أكثر من الصور الطبية المقرونة معاً. يمكن أن تُقرَن هذه الصيغ المنفصلة بأن تؤخذ على التوالي إما في آن واحد بواسطة ماسح هجين أو من طريق معالجة الصور (للحصول على تفاصيل أكثر انظر "التصوير الطبي الحيوي المتعدد الصيغ)". ولقد ظهرت فوائد سريرية ملموسة من هذه الصور المتعددة الصيغ ولقد قاد هذا إلى القبول السريع لهذه الصور في الممارسة السريرية شوتيس و تاونساند (Schutthess, 2009; Townsend, 2004). فمثلاً، لأول مرة يتيح الماسح الهجين المُخترع حديثاً، الذي يجمع بين PET وتصوير الرنين المغناطيسي (MRI) في مسح واحد (Beyer, 2009)، إظهار الشذوذات الوظيفية من PET (الأورام مثلاً) مقترنة مع الشذوذات التشريحية من MRI (الأنسجة الرخوة والقاسية). تضعنا هذه الصور المتعددة الصيغ أمام تحديات جديدة وفرصٍ للبحث والتطوير في مجال CBIR.

وإلى جانب التصوير الطبي، فقد كان هناك اهتمام كبير بالاسترجاع المتعدد الصيغ في مجالات الصحة العامة وصحة المستهلكين والتطبيقات الحرفيّة كانكانهالي (Kankanhalli, 2008). ونجد في مقاربات استرجاع المعلومات المتعددة الوسائط (MIR) هذه، مجموعةً واسعة من الصيغ مثل الفيديو (أي المراقبة) والنصوص والإشارات والصوت (تعرّف الصوت) إلى جانب صيغ الصور المختلفة (صور أقمار صناعية)، حيث تُجمع هذه الصيغ في ما يسمى دمج المعلومات ثُم تُستعمل في استرجاع

المعلومات. إنّ أكثر المُقاربات شيوعاً في دمج المعلومات هي الجمع بين المعلومات الدلاليّة التي تُشتق من النص لتتمّم وتحسّن قَسَمات الصورة التي تُستَخْلص آلياً. لقد أبدى هذا الجمع نجاحاً في تحسين تمثيل الصورة عند الاسترجاع (Zhang, 2005; Fu, 2008). ولقد اقتُرِح في (Kumar, 2010) اكتشاف أو تحسس الغرض في بيئة ديناميكية، حيث تُدمج عدة صيغ متتامة مثل فيديوهات الطيف المرئي وتحت الأحمر الحراري باستعمال نظرية الدليل. تشترك التقنيات المتعددة الصيغ هذه بالعديد من التقنيات المتتامة مع استرجاع الصور الطبية المتعددة الصيغ على أساس المحتوى، ويمكن أن يقود جمعها إلى تسريع حدوث خرق في أبحاث CBIR.

في هذا الفصل، سنعرض أحدث ما جرى التوصل إليه في مجال CBIR المتعدد الصيغ في مجال الصور الطبية والتحديات البازغة التي تواجه هذه الأبحاث. وسنعرض بإيجاز أحدث التطورات في مجال الماسحات الطبية الحيوية المتعددة الصيغ في المقطع الذي يحمل عنوان "التصوير الطبي الحيوي المتعدد الصيغ". مع تركيز في الاهتمام على تصوير (PET-CT)، وهي الصيغة المستعملة في بحثنا المتعلق بمجال CBIR المتعدد الصيغ. ونلخص في المقطع "استرجاع صور PET-CT المتعددة الصيغ على أساس المحتوى" بعضاً من نتائج الاسترجاع التجريبية في حالة PET-CT، وفي المقطع المعنون "مناقشة وعمل مستقبلي" نناقش التحديات الأساسية والعمل المستقبلي في مجال CBIR المتعدد الصيغ.

التصوير الطبي الحيوي المتعدد الصيغ

لقد رأينا في العقد الأخير من الزمن تطوراً سريعاً في الماسحات المتعددة الصيغ، التي تأخذ صيغتين منفصلتين على التوالي، ويجري ذلك عموماً ضمن فحص واحد. ونتج عن ذلك توليد صور مقترنة أو مجمّعة، مثل صور PET-CT المجمّعة. لقد مكّن PET-CT من تجميع المعلومات الوظيفية من PET مع المعلومات التشريحية الموافقة لها من CT،

مما أدى إلى تقديم قدرات تشخيصية جديدة ومُحسّنة (Beyer,2009). يبين الشكل 1 مثالاً على مسح PET-CT للاستعمال في دراسة الأورام السرطانية. التصوير الطبقي المحسوب على أساس انبعاث فوتوني وحيد (Single Photon Emission Computed Tomography) (SPECT) مجمّع مع CT، والذي يختصر عادة بالرمز SPECT-CT هو مسح آخر متعدد الصيغ. ولقد أتاحت الصورة المجمّعة تحقيق قبول أكثر لِـ SPECT بصفته صيغة تصوير كمي شودوري (Chowdhury, 2008).

أكثر الإضافات الواعدة الجديدة للتصوير المتعدد الصيغ هو ماسح PET-MR المتعدد الصيغ، وهو تجميع عتادي يقرن التعريف النسيجي الغني من MRI بصور PET الوظيفية. لقد جرى أيضاً تقديم عدد من المميزات المختلفة والجديدة من طريق استبدال MRI بـ CT. إنّ MRI هي صيغة تصوير تشريحية عالية المَيْز تعطي تبايناً أفضل في حالة الأنسجة الطرية وتنوعاً أكبر في تباينات الأنسجة بالمقارنة مع CT. وهي تسمح أيضاً بالحصول على MRI الوظيفي، فتمكّن بذلك من الحصول على الارتباط الزمني لتدفق الدم مع الاستقلاب، أو صيغة المُستقبلات في حالة دراسات الدماغ، وتتيح، وهذا أكثر أهمية، تقييمَ التدفق والانتشار والنضح والحركة القلبية ضمن فحص واحد (Zaidi, 2007). وهكذا ستكون PET-MR صيغة التصوير المُختارة في بعض الحالات السريرية، مثل حالة التطبيقات العصبية أوالعضلية العظمية.

الشكل (1). صورة PET-CT لمريض مصاب بسرطان الرئة. صورة PET الوظيفية (يمين) تبين بوضوح ارتفاع السكر في الرئتين وفي البُنى المحيطة (مشار إليها بالأسهم). أما صورة CT التشريحية (يسار) فتبين الحدود الدقيقة للبنى المحيطة.



تُستعمل الماسحات المتعددة الصيغ في الممارسة السريرية الروتينية مثل PET-CT وSPECT-CT, أو هي في طريقها لتصبح كذلك مثل PET-MR. ولكن هناك العديد من تقانات التصوير المتعدد الصيغ التي هي الآن في طور البحث والتطوير. فمثلاً لقد استفاد التصوير الفوق الصوتي (Ultra Sound) (US) وقدرته على التقاط حركة أنسجة الأوعية بالزمن الحقيقي (نموذجياً ببعدين) من الدمج مع التصوير التشريحي والحجمي العالي المَيْز من MRI. لقد وجدت هذه المُقاربة تطبيقات في إظهار الشرايين السُباتية تانغ (Tang, 2007) وفي الأبحاث الهادفة إلى تحسين التصوير القلبي والتحكّم بالتنفس في الزمن الحقيقي فانبرغ (Feinberg, 2010). وهناك تطوّر آخر في التصوير المتعدد الصيغ في مجال التصوير العصبي، حيث يُقرن MRI الوظيفي إمّا مع التخطيط الكهربائي

للدماغ (EEG) أو التخطيط المغناطيسي للدماغ (MEG) لفهم التفعيل العصبي واتصال مركز التفعيل والمُعالجة موسيلي (Moseley, 2004).

ومع أنّ الماسحات المتعددة الصيغ توفر صوراً مسجلة معاً على أساس عتادي، إلّا أنّ الصيغ المتعددة تُجمّع وستبقى تجمّع باستعمال خوارزميات تسجيل صور على أساس برمجي. لقد بلغ تسجيل الصور مرحلة متقدمة من الأتمتة والقوة، وقد نتج منه العديد من التحريات السريرية مثل أعمال مايس (1997) Maes على تسجيل الصور المتعددة الصيغ من طريق أمثَلَة المعلومات المتبادلة. يمكن لمثل هذه المُقاربات أن تدمج معطيات زمنية، مثل انتشار المعطيات الخاصة بمريض واحد على مدى عدّة مجموعات معطيات جرى جمعها لتقييم استجابة المريض للعلاج؛ وللتسجيل بين المرضى أي لبناء أطلس إحصائي للاستعمال في التقطيع المؤتمت كومويك (Commowick, 2008).

استرجاع صور (PET-CT) المتعددة الصيغ على أساس المحتوى

لقد كانت مجموعة بحثنا، التي تحمل اسم مجموعة "تقانة معلومات الوسائط المتعددة الطبية الحيوية" (Biomedical and Multimedia Information Technology) (BMIT)، نشطة في البحث عن حلول CBIR لصور PET-CT وذلك منذ إدخال ماسحات PET-CT المتعددة الصيغ في الممارسة السريرية الروتينية. لصور PET-CT ميزات ملموسة في التشخيص والإدارة، ولكنها في الوقت نفسه تضع تحديات جديدة أمام التحليل الحاسوبي للصور وتطبيقاته في CBIR. قبل PET-CT، عَملت مجموعة BMIT التي تخصنا على CBIR لمعالجة صورة PET الديناميكية سواء ببعدين 2D (Cai, 2000) أو بثلاثة أبعاد 3D (Kim, 2006)، ولقد جرى تلخيص هذه النتائج والتحديات في حالة CBIR الطبي المتعدد الأبعاد في (kim, 2009). وبناءً على معرفتنا، نحن رائدون في طرح أساليب جديدة في حالة استرجاع صور PET-CT المتعددة الصيغ على أساس المحتوى.

إنّ ابتكارنا الأساسي في CBIR المتعدد الصيغ هو استعمال معلومات متتامة مشتقة من تجميع كل من صور PET الوظيفية وصور CT التشريحية. لقد اقترحنا أن استعمال الميزات الفريدة للتصوير المتعدد الصيغ مثل المعلومات المتتامّة والعلاقات المكانية بين الصيغ يمكن أن يقود إلى مُقاربة مُحسّنة لمسألة استرجاع الصورة. وسنعرض في هذا المقطع بعضاً من نتائج بحثنا نحو تطوير أنظمة CBIR في حالة صور PET-CT، ولقد جرى تقييم جميع دراساتنا بالتجربة على قواعد معطيات PET-CT سريرية أو من مُحاكاة لمرضى بسرطان الرئة.

استخلاص القسمات المجمّع (PET-CT)

تحرّت دراستنا الأولى في Kim(2007) استعمال القسمات المتعددة الصيغ المستخلصة من صور PET-CT. في هذه الدراسة، كان جديدنا هو استعمال التقطيع المتعدد الصيغ المؤتمت لاستخلاص المناطق موضوع الاهتمام (ROIs) التي تحتوي على قَسمات متتامة من PET (مثل الأورام وغيرها من المناطق غير الطبيعية) ومن CT (مثل التعريف البنيوي للرئة وللبنى المحيطة). لقد اشتققنا قَسَمات صور تشمل الشكل والقياس ومتوسطات قيم وحدات البكسل من المناطق موضوع الاهتمام المقطّعة. جرى بعدئذٍ استعمال هذه القَسَمات لقياس مدى التشابه في مجموعات معطيات PET-CT، ولقد اختبرنا طريقتنا على قاعدة معطيات لصور PET-CT لسرطان الرئة وتفحصنا قدرتها على استرجاع المرضى بالسرطان الذين يشتركون بتشابهات مع صورة مُختارة. لقد أُسّس هذا البحث على عيّنة استعلام مرئي مثل صورة مكوّنة من ورم قياسه x وحدة بكسل موجود في الرئة اليمنى. جرى حساب التشابه بين الأورام على أساس حجم الاختلاف (عدد وحدات البكسل بين صور PET في الاستعلام وصور PET في قاعدة المعطيات. ثُمّ استُعْملت الصور المسترجعة لاختبار ما إذا كان الورم ينتمي إلى الرئة اليمنى أو إلى الرئة اليسرى تبعاً لقَسَمات CT الموافقة. أشارت نتائجنا الأولية على معطيات عشرة أشخاص (خمسة مصابون بسرطان الرئة وخمسة أصحّاء) إلى أنّ استخلاص القسمات

الثنائي الصيغة قد مكّن مقاربة جديدة لاسترجاع صور PET-CT على أساس المحتوى. ولكنّ هذه الدراسة لم تستعمل كامل مجال المميزات المكانيّة بين الصيغ وكانت محدودة في قدرات البحث التي تمتلكها.

استرجاع (PET-CT) على أساس البيان

ما حثّنا على استعمال العلاقات المكانية لـ CBIR في حالة الصور الثنائية الصيغة هو حقيقة أنّ تفسير المعارف الطبية الحيوية يعتمد على معرفة مكان تموضع البنى بالنسبة إلى بعضها. وخصوصاً أنّ المدى الذي تتشابك فيه المناطق المصابة باثولوجياً مع البنى التشريحية هو أمر حيوي للتشخيص ولتخطيط العلاج. وفي موضوع تصوير السرطان، تُحددُ أنظمة TNM لتحديد مرحلة سرطان الرئة، القديم منها ماونتن (Mountain, 2000) والحديث ديتربيك (Detterbeck, 2009) إلى جانب نظام (Ann Arbor)، مرحلةَ تقدم المرض تِبعاً للموضع المكاني للأورام وعلاقتها مع البنى التشريحية.

لقد عرضت عدّة دراسات مسألة استعمال موضع المرض بصفته قَسَمة لاسترجاع الصورة على أساس المحتوى. ولقد جرى تفحص استرجاع صور إصابات الرئة في (Shyu, 1999; Aisen, 2003). في هذه الدراسات شملتْ مجموعة القَسَمات المناطقَ المصابة باثولوجياً والمناطق الرئوية المتفصّصة التي ظهرت فيها، وذلك بالإضافة إلى قسمات البنية والشكل التقليدية. ولقد جرى تقييم عدد من مُقاربات التشابه المكاني في بيتراكيس (2002) Petrakis لأجل استرجاع صور MRI التركيبيّة. ولقد اكتشفت هذه الدراسة أنّ التقنيات على أساس البيان كانت الأكثر دقة وذلك مع كونها الأقّل فاعلية من الناحية الحسابية. ولكن، جميع هذه التقنيات لم تنظر إلّا في الصور الوحيدة الصيغة.

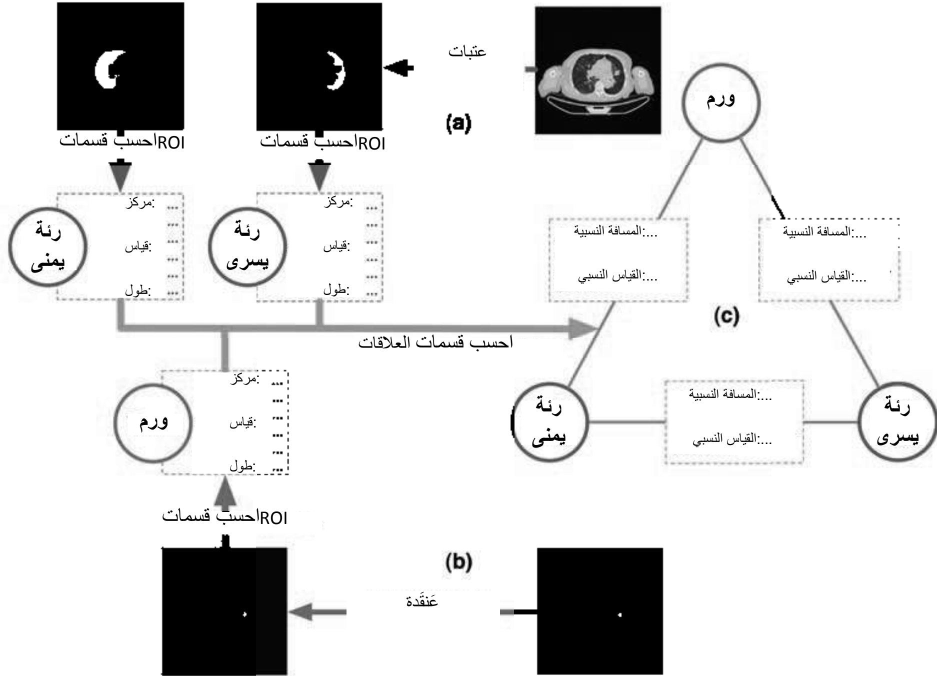
لقد اقترحنا في كومار (Kumar, 2008; 2009) طريقة استرجاع على أساس البيان قادرة على الحفاظ على العلاقات المكانية بين الصور المتعددة الصيغ. في طريقتنا،

تكوّن كلّ منطقة موضوع الاهتمام ROI رأساً في بيان، ويجري تمثيل كل علاقة مكانية بين المناطق موضوع الاهتمام بحرف يصل بين الرأسين الموافقين في البيان، وذلك في بيان علاقاتيّ ذي صفات (Attributed Relational Graph) (ARG). يكمن جديدنا في فهرسة قَسَمات العلاقة بين الصيغ، أي الصفات على حرف مكوّن من رأس PET ورأس CT تابع له. يبيّن الشكل 2 إجراءاتنا لإنشاء البيان ويوضح حسابات استخلاص القَسَمة بين الصيغ. يبين الشكل **2(a)** عملية إنشاء الرؤوس التي تمثل صورة CT للمنطقة موضوع الاهتمام، في حين يبين الشكل **2(b)** عملية إنشاء الرأس الذي يمثل صورة PET الموافقة للورم. وأخيراً يجري إنشاء البيان (في الشكل **2(c)** بعد حساب قَسمات العلاقات.

في دراساتنا، نعرّف بياننا الثنائي الصيغة بأنه الزوج $G = (V, E)$ حيث V هي مجموعة رؤوس البيان و E هي مجموعة حروفه. كلّ رأس هو في الحقيقة متجه قَسَمة من الشكل $v_i =< C, a, p, o, r, l >$ حيث $C = (c_x, c_y)$ هو مركز ثقل المنطقة موضوع الاهتمام و a و p و o و r هي بالترتيب مساحة ومحيط وتوجيه وتدوّر هذه المنطقة. أمّا الطول الأعظمي بين وحدتي بكسل على حدود المنطقة موضوع الاهتمام فهو يعطى بالعدد l.

كل حرف e_{ij} بين الرأسين v_i و v_j حيث $i \neq j$، هو متجه قَسَمة من الشكل $< rd, ro, ov, ra >$ حيث rd هي المسافة بين مركزي المنطقة موضوع الاهتمام، و ro هي الزاوية بين مركزي المنطقة موضوع الاهتمام، و ov هي التداخل بين المنطقتين موضوع الاهتمام، و ra هي نسبة مساحتي المنطقتين موضوع الاهتمام. تتيح لنا متجهات القسمات للرؤوس والحروف تمثيل علاقات دلالية معقّدة مثل "يقع الورم الذي قياسه x في النصف السفلي من الرئة اليسرى قرب حدود الرئة".

الشكل (2). إجرائية إنشاء البيان لمجموعات بيانات PET-CT متعددة الصيغ. تُفهرس الرؤوس CT(a) و PET(b) القسمات للمنطقة موضوع الاهتمام الموافقة وتستعمل لإنشاء البيان ARG(c)، الذي يحفظ جميع القسمات والعلاقات بين الرؤوس.



انطلاقاً من صور PET-CT، جرى اختيار المناطق موضوع الاهتمام بتقطيع صور CT باستعمال عتبات تكيّفية مع تحسينات (Hu, 2001). جرى اختيار المناطق موضوع الاهتمام الورمية من صور PET باستعمال عَنْقَدَة متوسطات c المشوّشة (Kim, 2007b). وجرى استعمال قَسَمة مركز الثقل أساساً لحساب *rd* و *ro*، ولم يجرِ استعمالها بصفتها جزءاً من قياس التشابه الذي سنصفه لاحقاً. نُظّمت القَسَمات التي جرت فهرستها كمواصفات باستعمال الإجرائية الموصوفة في (Petrakis, 2002)، لتحقيق اللاتغيّر السلمي والدوراني والانسحابي. لقد فحصنا القسمات المكانية لهذه المناطق موضوع الاهتمام فقط، وذلك على نحو مشابه للمُقاربة في (Petrakis, 2002). ولكن يبقى نموذجنا البياني قادراً على فهرسة أي قَسَمة تقريباً بصفتها مواصفة بيانية.

مقارنة تشابه البيانات

لقد جرى إنشاء بيانات الصور المتشابهة المسترجعة من قاعدة المعطيات التي تحوي الصور المتعددة الصيغ في إجرائية مستقلة خارج الخط. وجرى تخزين هذه البيانات في فهرس بهدف الاسترجاع. أساساً، هذه مسألة مقارنة بيان جزئي، حيث تُستعمل مواصفات البيان لتحديد درجة التشابه بين البيانات الجزئية ذات البنى المتماثلة. لمّا كان تعقيد هذه المسألة من النمط NP-تام (NP-complete) لذلك نقصر عملنا على بيانات صغيرة تُمثّل جزءاً من كامل الجسم فقط؛ الرئتان مثلاً.

تُحاول إجرائية المقارنة بين بيان استعلامٍ $G_Q = (V_Q, E_Q)$ وبيانٍ مُفهرس $G_S = (V_S, E_S)$، إيجاد تطبيقات تُحافظ على البنية بين الرؤوس والحروف على كلا البيانين. وعليه نحن نحاول إيجاد جميع الأيزومورفيسمات (Isomorphisms) $\varphi : G_Q \to G_S$ التي تُحقق الشرط التالي المؤسّس على قاعدة تطبيقات بين الرؤوس والحروف:

$$\varphi_e : E_Q \to E_S \quad \text{و} \quad \varphi_v : V_Q \to V_S$$

إذا كان $\varphi_v(v_Q^1) = v_S^1$ و $\varphi_v(v_Q^2) = v_S^2$ حيث $v_Q^1, v_Q^2 \in V_Q$ و $v_S^1, v_S^2 \in V_S$، كان $\varphi_e(e_Q^a) = e_S^a$ حيث $e_Q^a \in E_Q$ هو الحرف الواصل بين الرأسين v_Q^1 و v_Q^2، و $e_S^a \in E_S$ هو الحرف الواصل بين الرأسين v_S^1 و v_S^2. غالباً ما يجري اكتشاف العديد من الأيزومورفيسمات المُحافظة على البنى بين بيانين، لأنّ التطبيقات تعمل على بنى البيانات دون الرجوع إلى المنطقة السريرية موضوع الاهتمام التي يمثلها كل رأس في البيان. وبالتالي نتعامل مع هذه المسألة من طريق اختيار أفضل أيزومورفيسم من طريق مقارنة مواصفات القَسمات في كل عنصر بياني مع صورته. نعرّف أفضل أيزومورفيسم بأنّه الأيزومورفيسم الذي يجعل مجموع فروق المواصفات بين عناصر البيان وصورها أصغرياً. وهكذا، نحسب المسافة الإقليدية بين كل عناصر البيان وصورها وفق الأيزومورفيسم:

$$d(q,s)=\sqrt{\sum_{i}^{N}\left(q_i-s_i\right)^2} \quad (1)$$

حيث q هي رأس أو حرف في Q، و s هي رأس أو حرف في S و $\varphi(q)=s$. N هو عدد مواصفات الرأس أو الحرف q، و q_i هو مواصفة في الرأس أو الحرف المُستعلَم عنه، و s_i هو المواصفة الموافقة في الرأس أوالحرف s. تمثّل المسافة $d(q,s)$ فرق المواصفات بين عنصر البيان q وصورته s. وعندما نجمع جميع الفروقات بين العناصر المتوافقة في البيانين نحصل على الكلفة الكلية للأيزومورفيسم. أفضل أيزومورفيسم هو ذلك الأيزومورفيسم من G_Q إلى G_S الذي يمتلك أخفض كلفة.

عند مسح كامل الفهرس، تجد هذه الإجرائية من بين جميع البيانات المفهرسة أفضل بيان جزئي أيزومورفي وتحسب كلفة التشابه. نستعمل الكلفة لترتيب الصور المُمثِّلة للبيانات المُفَهْرَسَة. الكلفة الأصغر تعني درجة تشابه أكبر بين البيان موضوع الاستعلام والبيانات في قاعدة المعطيات، وتعني من ثَمّ تشابهاً أكبر بين الصورة المُستعلَم عنها والصورة في قاعدة البيانات التي يمثلها البيان الأمثل. نرتّب صور قاعدة البيانات في ترتيب تصاعدي على أساس الكلفة بمقارنة بياناتها ببيان الصورة المُستعلَم عنها.

التجريب والنتائج

لقد أنشأنا في (Kumar, 2008) مجموعة من أكثر من 100 صورة PET-CT محاكاة من طريق تطبيق سلسلة من التعديلات العشوائية المُتحكّم بها على مجموعة من الصور السريرية PET-CT المُقطّعة. لقد بحثنا عن هذه المجموعة من المعطيات الناتجة من المُحاكاة باستعمال عدد من الاستعلامات: رئات من دون أورام، ورئات تحوي ورماً وحيداً وأخرى تحوي ورمين اثنين. في جميع الحالات، كانت طريقتنا قادرة على تمييز الصور التي كانت متشابهة مكانياً. وعلاوة على ذلك، لقد استعملنا واحدة من الصور النموذجية التي استُعملت في إنشاء قاعدة المعطيات بصفتها صورة للاستعلام. فوجدنا أنه في مثل هذه الحالة، تحقق تنوعات المُحاكاة المُشتقة من هذه الصورة أعلى الدرجات في الترتيب

وذلك بالمقارنة مع تلك المُشتقة وفق المُحاكاة من صور أخرى. ولقد بيّنّا بهذه الطريقة، كيف يمكن استعمال التقنية المقترحة في الاسترجاع الدقيق أو غير الدقيق لصور PET-CT.

ولقد بيّنّا أيضاً القدرة السريرية الكامنة وراء طريقتنا في الاسترجاع وذلك من طريق إجراء سلسلة من عمليات البحث على مجموعة معطيات مكونة من 21 مقطع سريري من PET-CT ثنائي البعد، مأخوذة من عشر دراسات لحالات مرضى. ولقد استعملنا استعلاماً بالرسم المبسط حيث رسم المستعملون شكل الرئتين ووضعوا أوراماً فيه. جرت بعدئذ مُعالجة هذا الرسم المبسّط بصفته استعلاماً واستُرجعت أكثر الصور شبهاً. يبين الشكل 3 الاستعلام والنتائج المُسترجعة بنتيجة بحث أجري على مجموعة معطيات سريرية. وقد أنشأ المستعمل الذي أراد تحديد صور فيها ورم واحد على الأقل في الرئة اليسرى (تظهر الرئة اليسرى على الجانب الأيمن في صور CT) صورةَ الاستعلام، وتمتعت جميع الصور المُسترجَعة بالمواصفة التي أرادها المستعمل. كانت أفضل النتائج تحوي ورماً وحيداً بقياس مشابه لذلك الذي رسمه المستعمل، أما ثاني أفضل النتائج فكان فيها ورمان اثنان أصغر من الورمين المحددين من قبل المستعمل، وحوَت الثالثة أوراماً أصغر، ولكنها كانت متموضعة مكانياً في موضع الورم الوارد في الاستعلام نفسه.

وعلاوةً على ذلك فقد تحرّينا، في (Kumar, 2009)، مسألة الاسترجاع في بعض الحالات الخاصة حيث غزت الأورام خارج الرئة وأصابت جدران الصدر. وعلى نحو أكثر تحديداً، فلقد استكشفنا إذا كانت تقنية الاسترجاع قادرةً على المفاضلة بين الصور التي فيها غزو لجدران الصدر وتلك التي كانت فيها الأورام متموضعة بقرب سطح غشاء الجنب. لقد وسّعنا، في حالة هذه التجربة، قاعدة معطياتنا المُنشأة بالمحاكاة إلى نحو 400 صورة PET-CT، احتوى نصفها على غزو لجدار الصدر. لقد أُنشئت أورام المُحاكاة باستعمال مُقاربة مشابهة لتلك المستعملة في كورن (Korn,1998). ولقد تفحصنا النتائج الخمس والعشرين الأعلى ترتيباً في عدد من عمليات البحث المختلفة عن صور غزا فيها

الورم جدار الصدر، ووجدنا وسطيّاً أنّ 76% من الصور المسترجعة قد حَوَت غزواً لجدار الصدر. ولقد أدخلنا، بهدف زيادة دقة نظامنا، تثقيلاً على قياس التشابه في المعادلة 1:

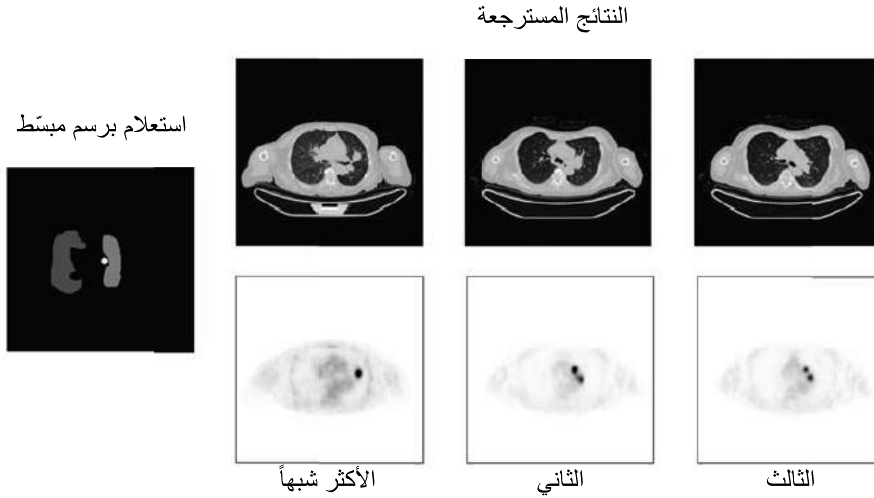
$$d(q,s)=\sqrt{\sum_{i}^{N} w_i \left(q_i - s_i\right)^2} \quad (2)$$

حيث w_i هو معامل تثقيل مواصفة رأس أو حرف بعينه، أمّا بقية العناصر فهي معرّفة كما في المعادلة 1. وباستعمال عوامل تثقيل مُشتقّة تجريبياً اكتشفنا أنّ 88% من الصور المُسترْجعة كانت تحتوي على غزو لجدار الصدر.

تجميع نتائج استرجاع صور (PET-CT) المتشابهة

إنّ تقنيتنا قادرة على استرجاع الصور التي هي تنويعات بسيطة على صورة الاستعلام، كما يظهر في نتائج (Kumar, 2008, 2009). ولكن هذا يعني أنّه عندما تحوي مجموعة المعطيات صوراً ذات موصفات متشابهة من مرضى لم يعانوا تغييراً في حالتهم (لا تطور في المرض، ولا أي استجابة للعلاج)، فعندها من المتوقع أن تؤلّف هذه الصور أكثرية الصور المسترجعة. المُحرّض في CBIR هو استرجاع نتائج متشابهة ولكن متباينة، على أساس الموصفات التي يحددها المستعمل. فمثلاً، تعتمد أنظمة التشخيص على أساس الاسترجاع مثل Aisen (2003) على تنوّع من الصور الطبية المتشابهة والمتباينة في آن معاً، والتي تُسترجع لتُفسّر من قبل الأطباء. ولكنّ خوارزميات الاسترجاع المبنية على أساس المقاييس التقليدية للتشابه تُرْجِع نموذجياً النتائج المشابهة جداً لصورة الاستعلام، وخصوصاً عند توافر قاعدة معطيات واسعة من العينات (ما يزيد عن عدة آلاف مثلاً)، وهذا ما يقلّص المعلومات إلى عدد ضئيل من الحالات المتشابهة لا تباين في ما بينها تقريباً. لذلك اقترحنا تقنية تجميع للنتائج المتشابهة بصفتها أسلوباً للحصول على عدد أكبر من النتائج المتباينة، مما يوفر تنوعاً استرجاعياً مُحسّناً في حالة قاعدة بيانات مرضى واسعة جداً.

الشكل (3). مثال نتائج استرجاع (Kumar, 2008). بالمقارنة مع صورة الاستعلام، لقد حددت النتيجة تحديداً صحيحاً الصورة التي تحوي ورماً وحيداً بصفته أفضل شبه. في النتائج المُسترجعة، السطر الأوّل صور CT وفي السطر الثاني صور PET.



إنّ تقنيتنا في تجميع النتائج مُستلهَمة من طريقة اكتشاف النسخ القريبة التي اقترحها وانغ Wang (2007) بهدف ترشيح صور الدعاية. لقد كاملنا كاشف نُسَخٍ قريبة يقوم بتجميع النتائج المسترجعة على أساس تشابهها النسبي. وفي هذه المقاربة، يمكن تجميع النتائج المتشابهة من دون اختلافات جوهرية (النسخ القريبة) معاً مما يؤدي إلى زيادة تنوع النتائج. حَسَبَ كاشفنا للنسخ القريبة مسافة (Manhattan) بين أمثال (Haar) لصور المناطق موضوع الاهتمام والموافقةِ للرؤوس المتقابلة. وعندما تكون المسافة تحت عتبة محددة، يجري وَسْمُ النتائج بوصفها نسخاً قريبة. ويجري بعدئذ تجميع النتائج الموسومة كذلك في فئات مما يسمح باسترجاع صور أكثر تبايناً.

لقد قيّمنا مقاربتنا على نظام CBIR المؤسس على قاعدة البيانات (التي وُصفت في المقطع "استرجاع PET-CT على أساس البيان)" باستعمال أسلوب التجميع المقترح

أعلاه. ولمُحاكاة قاعدة معطيات كبيرة، ولّدنا بأسلوب المحاكاة مجموعة معطيات مكونة من أكثر من 6000 صورة PET-CT بحيث يكون لكل صورة استعلام خمس صور لنسخ قريبة في مجموعة المعطيات. واحتوت إجراءاتنا التجريبية على 24 استعلاماً مختلفاً. وتنوعت الصور المستعملة بصفتها صور استعلام تبعاً لشكل الرئة، وموقع الإصابة المرضية وحجم الورم. ولقد أُنشِئت لتتيح لنا اختبار الاسترجاع وكشف النسخ القريبة لصور فيها أورام في مواقع محددة، أو تمتلك بعض الخواص مثل قياس الورم، ولقد جرى اللجوء إلى هذه الاستعلامات بهدف فحص فاعلية الكاشف، ومعدّل النتائج الإيجابية الكاذبة، ودقة الاسترجاع في مجال النتائج العشر أو الخمس عشرة أو العشرين الأولى، مع أو من دون تجميع للنسخ القريبة. ثُمّ حُسبت متوسطات هذه الاختبارات. بالإضافة إلى ذلك، تفحّصنا عدد النسخ القريبة التي جرى اكتشافها بنجاح. يلخّص الجدول (1) نتائج تجاربنا مع صورة استعلام مكوّنة من ورم وحيد داخل رئة.

لقد كنا قادرين على اكتشاف 93% من جميع النسخ المتشابهة، كما قيست على مدى جميع التجارب. أمّا صور النسخ القريبة التي لم تُكتشف فقد كانت تحوي أوراماً مختلفة بالحجم اختلافاً ملموساً عند مقارنتها بصورة الاستعلام، أي كانت النتائج السلبية الكاذبة تحوي اختلافات جوهرية (نحو 200%) في مجموعة جزئية من صور المناطق موضوع الاهتمام فقط. ولقد قيس أداءٌ أفضل في اكتشاف النسخ القريبة عندما كانت الاختلافات الصغيرة موزّعة على جميع صور المناطق موضوع الاهتمام.

من المهم، في حالة تطبيق CBIR، التوثّق من أن تجميع النسخ القريبة لا يخرّب نتائج الاسترجاع بامتلاكه معدل نتائج إيجابية كاذبة مرتفع جداً. لقد جرى اختيار مرشح مويجات (Haar) بسبب كون معدل الإيجابي الكاذب في حالته منخفضاً وفق دراسات سابقة وانغ (Wang, 2007). في تجاربنا، لم يرتفع معدل الإيجابي الكاذب فوق 7.2%، وهذا ما يعني أنّ القليل جداً من الصور اعتبرت نسخاً قريبة على نحو خاطئ. تبيّن نتائجنا في الجدول (1) وجود انخفاض بنحو 7-9% في دقّة نتائج الاكتشاف اللاحق والتجميع عند مقارنتها بحالة عدم وجود تجميع للنسخ القريبة. لقد جرى تصميم مُحاكاتنا

بحيث يكون عددٌ من نتائج النسخ القريبة متجمعاً قرب التراتيب الأعلى، وبهذه الصفة، انخفضت الدقة بسبب توقع حذف هذه النتائج. وعلى الرغم من هذا الانخفاض بالدقة فقد استطاع نظام استرجاعنا الحفاظ على مستويات أعلى من الدقة.

الجدول (1). نتائج الاسترجاع في حالة ترشيح النسخ القريبة

الدقة المتوسطة (%)	قبل التجميع في فئات	بعد التجميع في فئات
أفضل 10 نتائج	92.50	84.17
أفضل 15 نتيجة	88.89	82.22
أفضل 20 نتيجة	86.67	79.58
فعالية الاكتشاف في جميع التجارب		
العدد الكلي للنسخ القريبة	180	
النسخ القريبة المكتشفة	168	
النسخ الإيجابية الكاذبة	13	
نسبة الفعالية	93.33	
معدّل الإيجابي الكاذب	7.2%	

الاسترجاع المتعدد الصيغ

من دون الاعتماد على مجموعات مواصفات جيدة التعريف

لقد اعتمدنا في الدراسات السابقة على نتائج تقطيع دقيقة وقوية. ومع أنّه وقعت تطورات ملموسة في مسألة تقطيع الصور هاي و كوموفيكا و كورفياتيس (Hy, 1991; Commowicka, 2008; Korfiatis, 2008)، إلاّ أنّ القدرة على جعل الاعتماد على التقطيع أصغرياً مهمة جداً، إنها تفسح المجال لأتمتة أكبر في عملية استخلاص القَسَمات، يمكن أن تؤدي إلى تقليص تردّي نتائج الاسترجاع الناتج عن أخطاء التقطيع. إضافةً إلى ذلك،

يمكن زيادة سرعة التنفيذ من طريق حذف المتطلبات الحسابية لعملية التقطيع. ولقد تحرينا، في دراستنا الحديثة سونغ (Song, 2010)، مُقاربةً لعملية استرجاع صور PET-CT لا تعتمد على نتائج التقطيع الدقيق. في هذه الدراسة، جرى تمثيل الأنماط المرئية باستعمال قَسَمات بنيوية مُستخلَصة بواسطة ترشيح (Gabor)، ثُمّ جرى بعدئذ تحويلها إلى فئات أنماط منقطعة. ولقد نتج من ذلك بعض التفريق غير الصحيح في فئات بسبب شمل بعض الأنسجة المحيطة أثناء تقدير مجال الرئة، وعدم توافر معلومات مفاضلة كافية في متجه القَسَمات. وبهدف الإقلال من حدوث تشابهات خاطئة، فقد زدنا دقّة الفئات باستعمال مقياسَي تشابه ثنائيين SVMs، تبيّن أنّهما يمثلان مقاربة فاعلة في تصنيف صور CT الرئوية (Korfiatis, 2008). لقد طُبقت مقاييس التشابه على مستوعبات توزيع التواقيع مع عوامل تثقيل قابلة للتوليف. أجريت تجربة الاسترجاع على 870 زوجاً من صور PET-CT السريرية التي اختيرت من 20 دراسة لمرضى في مراحل مختلفة من سرطان الرئة. في نتائجنا الأولية، قمنا بتعداد نجاحات الاسترجاع بين أفضل أربع أو ثماني نتائج، بصفتها مقياساً للدقة. في حالة أربع نتائج، أظهرت 81.4% من الصور المُسْتَرجعة أنماط البُنى المرئية نفسها الموجودة في صورة الاستعلام؛ وقد انخفض ذلك إلى 75.3% في حالة ثماني نتائج.

المناقشة والعمل المستقبلي

إنّ أهمية استرجاع الصور على أساس المحتوى CBIR في التصوير الطبي الحيوي أمرٌ واضح. ولقد شهدنا على مدى العقد الماضي ابتكارات جديدة في CBIR قادت إلى تطوير أنظمة مؤتمتة لتوزيع الصور في فئات، وللتشخيص على أساس الأدلّة، وللتشخيص المُساعَد حاسوبياً، وللاسترجاع لأغراض التعليم والتدريب، وذلك إضافةً إلى تطوير مستوعبات صور طبية حيوية مُصنّفة. ويميل التوجّه الحديث نحو تطوير ماسحات تصوير طبي حيوي تأخذ صوراً متعددة الصيغ، وهذا ما وضع أبحاث CBIR أمام تحديات جديدة مثيرة. وبهدف جعل إمكانية استرجاع هذه الصور المتعددة الصيغ

أعظميةً، وجب تطوير خوارزميات جديدة تستفيد من العلاقات المتأصلة بين هذه الصور. لقد عرض المقطع السابق بعضاً من أبحاثنا حول صور PET-CT المتعددة الصيغ, ومع أننا استبقنا فكرة أنّ بحثنا سوف يجد تطبيقات واسعة في دراسات أخرى حول استرجاع الصور المتعددة الصيغ، ولكنه اقتصر على مجموعة صغيرة من مسائل وتحديات استرجاع الصور المتعددة الصيغ. ونحن نتوقّع أنّه مع ازدياد الانتقال نحو تعدّد الصيغ، فسوف تظهر سلسلة من الدراسات الجديدة التي ستسرّع الأبحاث في مجال CBIR المتعدد الصيغ وفي العديد من التطبيقات الطبية.

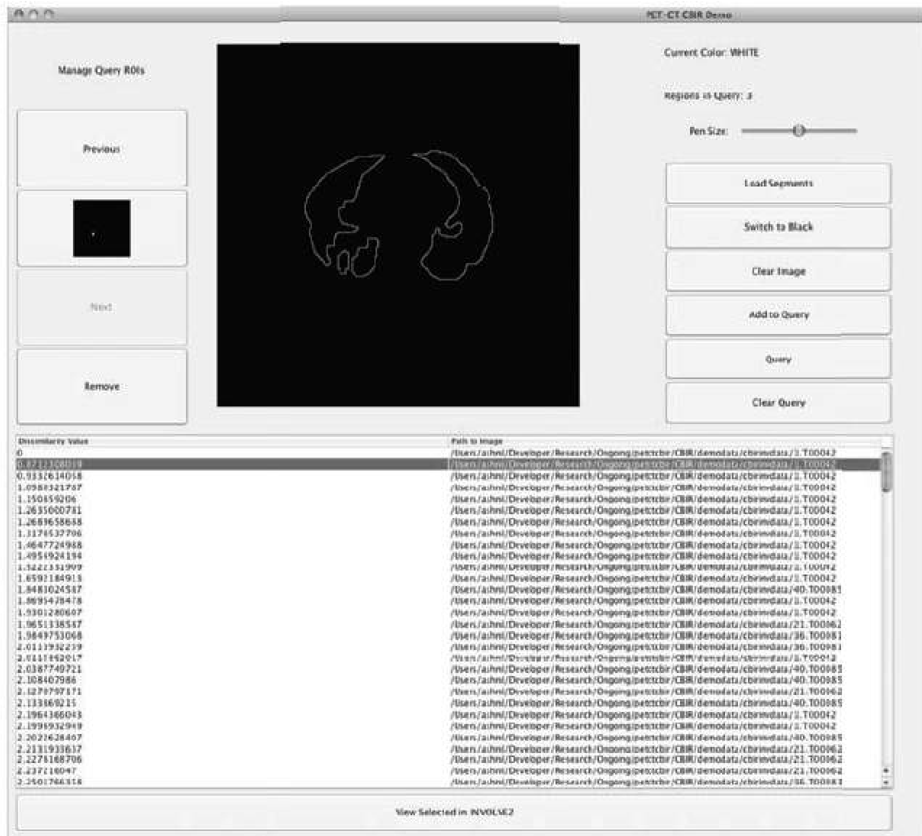
في تقييمنا للاسترجاع، استُعملت مجموعة محدودة من معطيات المرضى فقط، وذلك لإظهار قدرات خوارزمياتنا. وعلى الرغم من فائدتها، إلاّ أنّ هذه المجموعات الصغيرة لا تعطي تمثيلاً كاملاً لقاعدة بيانات سريرية حقيقية، التي تحتوي عادة على تنوعات أكبر. وبهذه الصفة، فقد استعملنا مجموعات معطيات مولّدة بالمُحاكاة انطلاقاً من معطيات سريرية، وقد مكّنت المُحاكاة من إجراء تجارب على نطاق أوسع بهدف اختبار خوارزميات الاسترجاع التي تخصنا. مُحاكاتنا الحالية ثنائية الأبعاد، ونحن نعمل تجاه إنجاز نموذج ثلاثي الأبعاد ليكون أكثر واقعيّةً، وهذا ما سيمكّن من مُحاكاة علاقات فراغية ثلاثية الأبعاد بين صور المناطق موضوع الاهتمام. وبهدف الانتقال نحو قاعدة معطيات سريرية أكبر، نحتاج لتحرّي قوّة الخوارزميات المستعملة للاستخلاص المؤتمت للقَسَمات. تقترح دراستنا في (Song, 2010) مُقاربةً لمسألة استخلاص القَسمات تعتمد اعتماداً أضعف على تقطيع الصور. ومع أنّ النتائج الأوليّة كانت مُشجعة، إلّا أنّه لم يُنظر إلى العلاقات المكانية بين القَسَمات المُستخلصة على أنها مهمة؛ ففي هذه الدراسة افترضنا أنّ الصورَ المحتوية على عُقَيْدات شاذة في مواقع مختلفة متشابهةٌ، ويمكن لتوسيع لاحق لهذا العمل أن يشتمل على التمثيل البياني الذي تحدثنا عنه في مقطع سابق، فنأخذ في الاعتبار العلاقات المكانية من طريق استعمال البيانات، وذلك إلى جانب الميزات الناتجة من الاعتماد الأضعف على التقطيع الصعب للصور.

نتحرى حالياً مُقاربات بديلةً تستعمل خوارزميات التقطيع المُثبتة في الدراسات السريرية، مثل صور PET ذات العتبات فوكلين (Vauclin, 2009)، وإضافة سماحية خطأ للبيان بهدف التعويض عن أخطاء التقطيع. ومع ذلك، فقد حدث تطور ملحوظ في تقطيع الصور المتعددة الصيغ يُمكن أن يُترجم باستخلاص مُتقدّم للقسمات في CBIR. لقد أُثبتَ في غريبن (Gribben, 2009) أنّ الاستعمال المركّب للمعلومات المتعددة الصيغ يُحسّن تقطيع صور PET-CT لأورام الرئة. وفي دراسة أخرى، عرض (Avazpour, 2009) تقطيعاً لصور PET-CT يستعمل المعلومات من الصيغتين كلتيهما بهدف استخلاص البنى السرطانية الشُعَبيّة (Bronchogenic).

في الوقت الذي حقق فيه CBIR بعض النجاح، فإنّ واحداً من العوامل التي حدّتْ من استعماله الواسع هو الافتقار لواجهات تخاطب قادرةٍ على توفير وتبسيط التفاعل الحدسي مع الكم الهائل من المعلومات في قواعد المعطيات الضخمة. وكما هو موضّح في دراسة ديسرنو (Deserno, 2007)، لم يجر التطرّق إلى "فجوة قابلية الاستعمال" إلاّ تطرّقاً ضعيفاً، وليس هناك إلا جزء صغير نسبياً من الجهد البحثي موجّه للتعامل مع هذه الفجوة. وعلاوةً على هذا، فإنّ واجهات التخاطب الموجودة مصممة نموذجياً لأنظمة ذات صيغة محدّدة وتعمل على نوع واحد من الصور فقط (Heesch, 2008; Long, 2009). المسألة في حالة CBIR المتعدد الصيغ مركّبة، فالمعلومات المجمّعة من صيغتي تصوير تُنتج معطيات إضافية، يحتاج بعضٌ منها أن يُشتق من الصور نفسها التي تُساعد على تفسيرها، مثل الصور المدموجة، وتعديلات LUT لرؤية مجالات ديناميكية واسعة. وسرعان ما سيصبح إظهار هذه المعلومات كلها من قبل نظام استرجاع أمراً ساحقاً. لا يمكن لهذه المسألة إلاّ أن يزداد عمقها مع تحسّن نوعية الصور، ومع ازدياد عدد الصور المأخوذة. في أنظمة الاسترجاع التي تخصّنا، اعتمدنا تصميماً تقليدياً بسيطاً لواجهة تخاطب تُظهر أفضل نتائج الاسترجاع كما في الشكل 4. ومع أنّ واجهة التخاطب عمليّة، إلّا أنها تحتاج إلى الكثير من التفاعل مع المستعمل للتصفح عبر جميع

المعلومات. نحن نتحرّى الآن تقنيات تصفّح استرجاع أكثر فاعلية سوف تحسّن تفاعل المستعمل مع نتائج الاسترجاع المتعدد الصيغ.

الشكل (4). واجهة التخاطب لنظام PET-CT CBIR المتعدد الصيغ الذي يخصنا. هناك واجهة لرسم الاستعلام في الأعلى. ونجد نتائج الاستعلام مرتبّةً في الأسفل، مع قيم التشابه والمسار نحو الصور، ويمكن تحميل الصور المُختارة ضمن برنامج إراءة صور PET-CT.



شكر

نرغب بتقديم الشكر للعاملين في مشفى الأمير الملكي ألفريد (RPA) في سدني لمساهمتهم القيّمة في بحثنا ولتزويدنا بالصور لتجاربنا، وقد كان هذا العمل مدعوماً جزئياً بمنحة ARC.

المراجع

Aisen, A. M., Broderick, L. S., Winer-Muram, H., Brodley, C. E., Kak, A. C., and Pavlopoulou, C. (2003). Automated storage and retrieval of thinsection CT images to assist diagnosis: System description and preliminary assessment. *Radiology*, 228, 265–270. doi:10.1148/radiol.2281020126

Avazpour, I., Roslan, R. E., Bayat, P., Saripan, M. I., Nordin, A. J., and Abdullah, R. S. A. J. (2009). Segmenting CT images of bronchogenic carcinoma with bone metastases using PET intensity markers approach. *Acta Radiologica. Oncology*, 43(3), 180–186.

Beyer, T., and Pichler, B. (2009). A decade of combined imaging: From a PET attached to a CT to a PET inside an MR. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 36 (Suppl 1), S1–S2. doi:10.1007/s00259-008-1041-5

Cai, W., Feng, D., and Fulton, R. (2000). Contentbased retrieval of dynamic PET functional images. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 4(2), 152–158. doi:10.1109/4233.845208

Cai, W., Kim, J., and Feng, D. (2007). Contentbased medical image retrieval. In Feng, D. (Ed.), *Biomedical Information Technology* (pp. 83–113). San Diego, CA: Elsevier Press.

Carbone, P. P., Kaplan, H. S., Musshoff, K., Smithers, D. W., and Tubiana, M. (1971). Report of the committee on Hodgkin's disease staging classification. *Cancer Research*, 31, 1860–1861.

Chowdhury, F., and Scarsbrook, A. (2008). The role of hybrid SPECT-CT in oncology: Current and emerging clinical applications. *Clinical Radiology*, 63, 241–251. doi:10.1016/j.crad.2007.11.008

Commowicka, O., Grégoirec, V., and Malandaina, G. (2008). Atlas-based delineation of lymph node levels in head and neck computed tomography images. *Radiotherapy and Oncology*, 87 (2), 281–289. doi:10.1016/j.radonc.2008.01.018

Deselaers, T., and Deserno, T. M. (2009). Medical image annotation in ImageCLEF 2008. Evaluating systems for multilingual and multimodal information access. *LNCS, 5706*, 523–530.

Deserno, T. M., Antani, S., and Long, L. R. (2007). Ontology of gaps in content-based image retrieval. *Journal of Digital Imaging*, 22(2), 202–215. doi:10.1007/s10278-007-9092-x

Detterbeck, F. C. (2009). The new cancer staging system. *Chest*, 136, 260–271. doi:10.1378/chest.08-0978

El-Naqa, I., Yang, Y., Galatsanos, N. P., Nishikawa, R. M., and Wernick, M. N. (2004). A similarity learning approach to content-based image retrieval: Application to digital mammography. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 23,1233–1244. doi:10.1109/TMI.2004.834601

Feinberg, D. A., Giese, D., Bongers, D. A., Ramanna, S., Zaitsev, M., Markl, M., and Günther, M. (2010). Hybrid ultrasound MRI for improved cardiac imaging and real-time respiration control. *Magnetic Resonance in Medicine*, 63(2), 290–296. doi:10.1002/mrm.22250

Fu, H. C., Xu, Y. Y., and Pao, H. T. (2008). Multimodal search for effective image retrieval. *Proceedings of the IEEE Conference on Systems, Signals, and Image Processing*, (pp. 233-236).

Gribben, H., Miller, P., Hanna, G. G., Carson, K. J., and Hounsell, A. R. (2009). MAP-MRF segmentation of lung tumours in PET/CT images. *Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Biomedical Imaging: From Nano to Macro*, (pp. 290–293).

Heesch, D. (2008). A survey of browsing models for content based image retrieval. *Multimedia Tools and Applications*, 40, 261–284. doi:10.1007/s11042-008-0207-2

Hu, S., Hoffman, E. A., and Reinhardt, J. M. (2001). Automatic lung segmentation for accurate quantitation of volumetric X-ray CT images. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 20(6), 490–498. doi:10.1109/42.929615

Kankanhalli, M. S., and Rui, Y. (2008). Application potential of multimedia information retrieval. *Proceedings of the IEEE*, 96(4), 712–720. doi:10.1109/JPROC.2008.916383

Kim, J., Cai, W., and Feng, D. (2009). Bridging the feature gaps for retrieval of multi-dimensional images. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 4 (1), 34–46. doi:10.4018/jhisi.2009010103

Kim, J., Cai, W., Feng, D., and Wu, H. (2006). A new way for multidimensional medical data management: volume of interest (VOI)-based retrieval of medical images with visual and functional features. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 10 (3), 598–607. doi:10.1109/TITB.2006.872045

Kim, J., Constantinescu, L., Cai, W., and Feng, D. (2007a). *Content-based dual-modality biomedical data retrieval using co-aligned functional and anatomical features*. MICCAI Workshop on Content-based Image Retrieval for Biomedical Image Archives, (pp. 45-52).

Kim, J., Wen, L., Eberl, S., Fulton, R., and Feng, D. (2007b). Use of anatomical priors in the segmentation of PET lung tumour images. *Proceedings of IEEE Medical Imaging Conference*, (pp.4242-4245).

Korfiatis, P., Kalogeropoulou, C., Karahaliou, A., and Kazantzi, A. (2008). Texture classificationbased segmentation of lung affected by interstitial pneumonia in high-resolution CT. *Medical Physics*, 35(12), 5290–5302. doi:10.1118/1.3003066

Korn, P., Sidiropoulos, N., Faloutsos, C., Siegel, E., and Protopapas, Z. (1998). Fast and effective retrieval of medical tumour shapes. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 10, 889–904. doi:10.1109/69.738356

Kumar, A., Kim, J., Cai, W., Eberl, S., and Feng, D.(2008). A graph-based approach to the retrieval of dual-modality biomedical images using spatial relationships. *Proceedings of the Annual International of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, (pp. 390-393).

Kumar, A., Kim, J., Eberl, S., Fulham, M., and Feng, D. (2009). Content-based retrieval of PET-CT lung cancer data using spatial features. *Journal of Nuclear Medicine*, 50 (Suppl 2), 176.

Kumar, P., Mittal, A., and Kumar, P. (2010). Addressing uncertainty in multi-modal fusion for improved object detection in dynamic environment. *Information Fusion*, 11(4), 311–324. doi:10.1016/j.inffus.2009.10.002

Lehmann, T. M., Guld, M. O., Deselaers, T., Keysers, D., Schubert, H., and Spitzer, K. (2005). Automatic categorization of medical images for content-based retrieval and data mining. *Elsevier Computerized Medical Imaging and Graphics*, 29, 143–155. doi:10.1016/j.compmedimag. 2004.09.010

Liu, H., Zagorac, S., Uren, V., Song, D., and Ruger, S. (2009). Enabling effective user interactions in content-based image retrieval. *Proceedings of the 5th Asia Information Retrieval Symposium on Information Retrieval Technology*, (pp. 265-276).

Long, L. R., Antani, S., Deserno, T. M., and Thoma, G. R. (2009). Content-based image retrieval in medicine retrospective assessment, state of the art, and future directions. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 4(1), 1–16. doi:10.4018/jhisi.2009010101

Maes, F., Collignon, A., Vandermeulen, D., Marchal, G., and Suetens, P. (1997). Multimodality image registration by maximization of mutual information. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 16(2), 187–198. doi:10.1109/42.563664

Moseley, M., and Donna, G. (2004). Multimodal imaging introduction. *Stroke*, 35(Suppl 1), 2632–2634. doi:10.1161/ 01.STR. 0000143214.22567.cb

Mountain, C. F. (2000). The international system for staging lung cancer. *Seminars in Surgical Oncology*, 18, 106–115. doi:10.1002/(SICI)1098-2388(200003)18:2<106::AID-SSU4>3.0.CO;2-P

Müller, H., Michoux, N., Bandon, D., and Geissbuhler, A. (2004). A review of content-based image retrieval system in medical applications– Clinical benefits and future directions. *International Journal of Medical Informatics*, 73, 1–23. doi:10.1016/j.ijmedinf.2003.11.024

Petrakis, E. G. M. (2002). Design and evaluation of spatial similarity approaches for image retrieval. *Image and Vision Computing*, 20, 59–76. doi:10.1016/S0262-8856(01)00077-4

Rahman, M., Bhattacharya, P., and Desai, B. C. (2007). A framework for medical image retrieval using machine learning and statistical similarity matching techniques with relevance feedback. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 11 (1), 58–69. doi:10.1109/TITB.2006.884364

Schulthess, G. K., and Schlemmer, H.-P. W. (2009). A look ahead: PET/ MR versus PET-CT. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 36(Suppl 1), S3–S9. doi:10.1007/s00259-008-0940-9

Shyu, C., Brodley, C., Kak, A., Kosaka, A., Aisen, A., and Broderick, L. (1999). ASSERT: A physician-in-loop content-based image retrieval system for HRCT image databases. *Computer Vision and Image Understanding*, 75, 111–132. doi:10.1006/cviu.1999.0768

Siadat, M.-R., Soltanian-Zadeh, H., Fotouhi, F., and Elisevich, K. (2005). Content-based image database system for epilepsy. *Elsevier Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 79, 209–226. doi:10.1016/j.cmpb.2005.03.012

Song, Y., Cai, W., Eberl, S., Fulham, M., and Feng, D. (2010). A content-based image retrieval framework for multi-modality lung images. *Proceedings of the IEEE Symposium on Computer Based Medical Systems*, (pp. 285-290).

Tang, A. M., Kacher, D. F., Lam, E. Y., Brodsky, M., Jolesz, F. A., and Yang, E. S. (2007). Multi-modal imaging: Simultaneous MRI and ultrasound imaging for carotid arteries visualization. *Proceedings of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, (pp. 2603-2606).

Townsend, D. W., Carney, J. P., Yap, J. T., and Hall, N. C. (2004). PET/CT today and tomorrow. *Journal of Nuclear Medicine*, 45(Suppl 1), 4S–14S.

Vauclin, S., Doyeux, K., Hapdey, S., Edet-Sanson, A., Vera, P., and Gardin, I. (2009). Development of a generic thresholding algorithm for the delineation of 18FDG-PET-positive tissue: Application to the comparison of three

thresholding models. *Physics in Medicine and Biology*, 54, 6901–6916. doi:10.1088/0031-9155/54/22/010

Wang, Z., Josephson, W., Lv, Q., Charikar, M., and Li, K. (2007). Filtering image spam with nearduplicate detection. *Proceedings of the Conference on Email and Anti-Spam*.

Xu, X. Q., Lee, D. J., Antani, S. K., and Long, L.R. (2008). A spine X-ray image retrieval system using partial shape matching. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 12(1), 100–108. doi:10.1109/TITB.2007.904149

Zaidi, H., Mawlawi, O., and Orto, C. G. (2007). Simultaneous PET/MR will replace PET/CT as the molecular multimodality imaging platform of choice. *Medical Physics*, 34, 1525–1528. doi:10.1118/1.2732493

Zhang, R., Zhang, Z., Li, M., Ma, W.-Y., and Zhang, H.-J. (2005). A probabilistic semantic model for image annotation and multimodal image retrieval. *Proceedings of the Tenth IEEE International Conference on Computer Vision*, (pp. 846-851).

الفصل الرابع

قضايا وتقنيات لتقليص فجوة الأداء في أنظمة استرجاع الصورة على أساس المحتوى

أغما ج. م. ترينا

جامعة ساو باولو (USP) في ساو كارلوس، البرازيل

كايتانو ترينا

جامعة ساو باولو (USP) في ساو كارلوس، البرازيل

رويسون كورديرو

جامعة ساو باولو (USP) في ساو كارلوس، البرازيل

مارسيلا خافير ريبيرو

جامعة ساو كارلوس الاتحادية، البرازيل

باولو م. آزيفيدو– ماركيز

جامعة ساو باولو (USP) في ريبيرو بريتو، البرازيل

ملخص

يُناقش هذا الفصل ملامح مفتاحيّة تتعلّق بأداء أنظمة استرجاع الصور على أساس المحتوى (Content-based Image Retrieval) (CBIR). تؤدي ما تسمى فجوة الأداء دوراً مهماً في ما يتعلق بقبول المستعملين لأنظمة CBIR. فهي توفر في الوقت المناسب

الإجابة عن التساؤل الفعلي حول الدعم الحسابي لأنظمة CBIR التي تؤمّن معالجة الاستعلامات حول التشابه. ويشرح هذا الفصل ويناقش، مُرَكِّزاً على فجوة الأداء، المسائل الرئيسة التي هي الآن موضوع التحري: استعمال العديد من القَسَمات لتمثيل الصور، عدم وجود بنى فَهْرَسة مُناسبة لاسترجاع الصور والقَسَمات، خطط الاستعلام الناقصة المستعملة في تنفيذ استعلام التشابه، وضعف نوعية النتائج التي يُحصَل عليها من نظام CBIR. ونناقش كيفية التغلب على هذه المشاكل، بإدخال تقنيات مثل كيفية استعمال تقنيات اختيار القَسَمات للتغلب على "لعنة الأبعاد" وكيف نستعمل طرائق وصول مناسبة لدعم الفهرسة السريعة الفعالة، واسترجاع الصور، مع التأكيد على أهمية استعمال مقاربات أمثَلَةِ الاستعلام.

مقدمة

في يومنا هذا تُعتبر مسألة الاستفادة من كامل المعطيات المُخزنة على مدى السنوات في المنشآت الطبية والسريرية الكبيرة الهاجس اليومي لمدراء قواعد المعطيات والأنظمة. إنّ أحد التحديات الرئيسية أمام الأنظمة الطبية هو كيفية الاستفادة استفادةً فاعلةً من كامل المعلومات المجمّعة في هذه الأنظمة، بهدف تحسين تشخيص الأمراض ومعالجتها عند المرضى وفي الوقت المناسب. ويصبح هذا التحدي تحدياً أكبر عند النظر في الكم الكبير من الصور التي تؤخذ يومياً في التجهيزات أثناء عملية تشخيص الصور في المشافي والمراكز الطبية. تسمى إجرائية إيجاد صورة بعينها في قاعدة المعطيات بناءً على مميزاتها المتأصلة: استرجاع الصورة على أساس المحتوى CBIR. إن نواة أنظمة CBIR هي تعريف أيّ مميزات أو قَسمات يجب استعمالها لتحديد هوية صورة معطاة تحديداً مناسباً. تقليدياً، يجري استعمال القَسمات التي تتعلق بتوزيع الألوان، والبنية، وشكل الأشياء أو مناطق الصورة، بالإضافة إلى العلاقة بين الأشياء، لتوصيف صورة. (Deselaers, Keysers and Ney, Information Retrieval). تُجمَّع القَسمات في "مُتجه قسمات"، يُستعمل من نظام CBIR في عمليات البحث في قاعدة المعطيات وإيجاد الصور الأكثر

شبهاً مع الصورة المعطاة. فمثلاً يمكن لنظام CBIR أن يجيب عن استعلام مثل: "من خلال معرفة صورة الأشعة السينية للسيد جون دو المأخوذة بتاريخ الخامس من كانون الأول ديسمبر 2010، أعطِ الصور العشرة الأكثر تشابهاً معها." لذلك يُتوقّع من أنظمة CBIR أن تسترجع صوراً وأن تقيّم مدى تشابهها اعتماداً على القَسَمات المُستخلصة، وذلك بعكس مُقارنة العناصر بالمساواة أو الترتيب في الأنظمة التقليدية.

تُستعمل أنظمة إدارة قواعد المعطيات (Database Management Systems) (DBMS) استعمالاً واسعاً عند التعامل مع معطيات بسيطة، مثل الأعداد، ومتتاليات الحروف الصغيرة. في هذا النوع من المعطيات، هناك تقنيات عديدة عالية الفاعلية لتمثيل شروط البحث وإيجاد إجابات سريعة ودقيقة. ولكن، عندما تكون المعطيات أكثر تعقيداً، مثل صور الفحوصات الطبية، هناك العديد من القضايا التي لم تجرِ مقاربتها مقاربة كاملة في التقنية الموجودة، مما يؤدي إلى تعارض واسع بين ما يريد استرجاعه المستعمل، وما يمكن لأحدث ما توصلت إليه التقانة أن تقدمه. غالباً ما يُطلق على هذا الفارق اسم فجوة.

إنّ الفجوة الدلاليّة هي واحدة من الأمثلة الأكثر شهرة وبروزاً، ولقد ذُكرت على نحو واسع في الأدبيات فان، غايو، ليو و جين (Fan, Gao, Luo and Jain, 2008; Hare et al., 2006; Hauptmann, Yan, and Lin, 2007). مُطبقة على الصور، توافق الفجوة الدلاليّة "التباين أو الانقطاع بين فهم الإنسان للصور والفهم الذي يمكن الحصول عليه من الخوارزميات الحاسوبية " كما نجد في (Deserno,Antani and Long,2008). ولكن كما بُيِّنَ في (Deserno et al., 2008)، هناك فجوات أخرى تؤثر في أنظمة CBIR، وفجوة الأداء واحدةٌ من أكثرها أهمية. تشير عبارة فجوة الأداء أساساً إلى المسائل الكامنة التالية:

- التباين بين ما يتوقعه المستعمل من النظام وما يقدمه النظام بدلالة موارد البحث المتوافرة (مثل طرائق التعبير عن الاستعلام أو تمحيصه)؛

- الاستعمال الفعلي للموارد المتوافرة (مثل الزمن والذاكرة اللازمين للإجابة عن استعلام)؛
- ومُكاملة أدوات CBIR مع المرافق أو الأدوات الأخرى في المركز الطبي (مثل الأنظمة البرمجية الأخرى وتجهيزات التصوير).

في هذا الفصل نسلّط الضوء على المسائل الأساسية التي تقود إلى فجوات أداء ونستعرض استعراضاً شاملاً للتقنيات الموجودة بهدف ردمها. إنّ بقية هذا البحث منظمة كما يلي: يناقش المقطع 2 فجوات الأداء الأساسية التي تحدث في أنظمة CBIR، من طريق تقديم بنية عامة لهذه الأنظمة وتحديد قضايا الأداء التي يمكن أن تنشأ من كلّ واحدة من مُركّباته. ويعرض المقطع 3 نشاطات البحث الأساسية التي تجري متابعتها لتحسين الأداء، في ما يتعلّق بالبنى الداخلية التي تدعم CBIR. يوضح المقطع 4 التقنيات الحديثة المُطَوّرة للتأقلم مع أكثر فجوات الأداء أهميةً، مبيناً كيف يجري ردم فجوات الأداء. وأخيراً يعرض المقطع 5 نتائج المفاهيم المعروضة.

تخزين وبحث الصور في نظام CBIR

لتحديد كيف وأين تؤثر المسألة المتعلقة بالأداء في قابلية استعمال نظام CBIR، سنصف الخطوات الرئيسية التي تُنَفّذ عندما يطرح المستعمل استعلاماً. في الحقيقة، تبدأ عملية استرجاع الصورة على أساس المحتوى CBIR قبل استلام الاستعلام بفترة طويلة. إنها تبدأ عند تخزين الصور في قاعدة المعطيات. هناك طريقان منفصلان للتنفيذ موصوفان كما يلي:

- طريق التخزين: يُنفّذ عند وصول صورة جديدة وتُخزّن في مُستوعب الصور. تُنفّذ الإجراءات في هذا الطريق عادةً، خارج الخط، أثناء زمن عطلة نظام إدارة قاعدة البيانات، بهدف عدم زيادة الحمل على أداء كامل النظام.

• طريق البحث: يُنفّذ عندما يطرح المستعمل استعلاماً، وتنطلق خطوات المعالجة استجابةً له. يجب تنفيذ الإجراءات في هذا الطريق مباشرة وفي الوقت المناسب بهدف عدم الإساءة إلى استعمال نظام CBIR وقبوله.

يبين الشكل (1) البنيان المفاهيمي لنظام CBIR، يسلط الضوء على الطريقين المشار إليهما أعلاه. عندما تؤخذ صورة ① من التجهيزات وتخزّن تحضيراً لعمليات البحث اللاحقة، تُعالج معالجة أوّلية وتُصاغ وفق معايير معرّفة تبعاً لنوعها (صنفها)، ثُمّ تُستخلَص مجموعات من القسمات ②. يجب أن تكون القسمات تلك التي تسمح بتمييز الصور أكثر من غيرها، وفق الموسطات المعرّفة من قبل الخبير في المجال، وعلى نحو يسمح باستعمال متجه القسمات بديلاً عن الصورة نفسها أثناء عمليات البحث ومقارنة الصور اللاحقة، وذلك باستعمال خطوات معالجة سابقة مُكافئة ⑤ و⑥. تُخزّن الصورة في قاعدة معطيات الصور ④، ويُخزّن متجه القَسَمات في بنية فهرس ③، من طريق إسناد هوية (ID) للصورة لربط متجه القسمات بالصورة الموافقة. يمكن لاستعمال بنى فهرسة أن يسرّع عمليات البحث ⑦ تسريعاً كبيراً، مما يجعل كامل إجرائية الاسترجاع ⑧ على أساس المحتوى أسرع وأكثر مُلاءَمة للمستعملين، وأكثر تحقيقاً لتوقعاتهم. وأخيراً، تُحسِّنُ التقنياتُ التي تأخذ في الاعتبار وثاقة صلة الإجابة المُسترجعة باستعلام المستعمل ⑨ النوعيةَ الكلية للنظام.

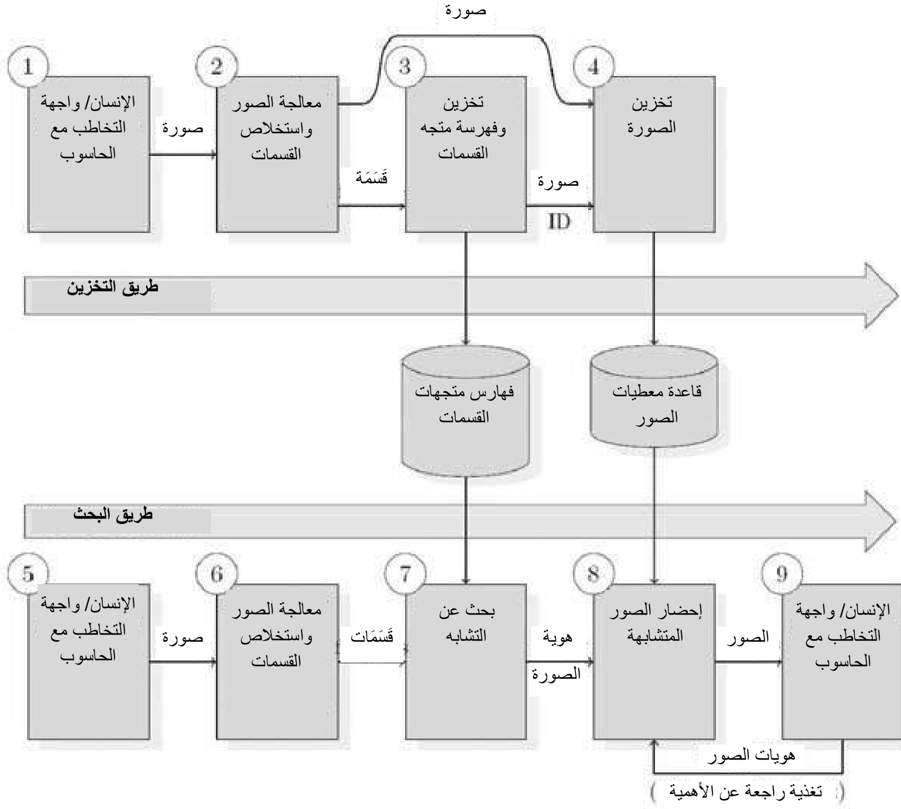
تقع تقنيات CBIR في قلب معالجات استعلامات التشابه. وهكذا، عندما يحتاج استعلام تشابه إلى إجابة، تُخْضَع أولاً صورة الاستعلام ⑤ لخطوة معالجة أوليّة مُعرّفة لهذا النوع ⑥، ويُستخلص متجه القَسَمات. يُستعمل متجه القسمات لتنفيذ بحث عن التشابه ⑦، الذي سيسترجع هويات (ID) الصور التي تجيب على أفضل وجه عن الاستعلام. تُستعمل هويّات الصور لاسترجاع الصور الأصلية من قاعدة المعطيات ⑧، التي تُرسَل إلى وحدة عرض الصور وتثبيتها ⑨. ولتحسين الإجابة، يمكن للمستعمل أن

يقيّم مدى تحقيق كل صورة مُسترجَعةٍ لمعايير البحث، ويمحّص استعلامه، باستعمال تقنيات تغذية راجعة تفاعلية.

إنّ أنظمة أرشفة الصور والاتصالات (PACS) أدواتٌ مفيدة لتنظيم الصور المأخوذة من تجهيزات مختلفة، ولجعلها متوافرة لمجمل العاملين الصحيين في المشفى، مثل الأطباء والمصورين الشعاعيين وغيرهم (Salai, et al., 2008; Stoian, Ivan, Stoian, Marichescu, 2008). إنّ إقحام نظام PACS ضمن قدرات CBIR يُحسِّنه ويزيد من فوائده، لأنه يتيح للمستعملين إمكانية البحث عن التشابه واسترجاع الصور المتشابهة مباشرة. ويمكن أيضاً أن تُشمل هذه الفوائد نفسها في أنظمة التشخيص والتحليل المُساعَد حاسوبياً (CAD) (Datta, Joshi, Li and Wang, 2008; Ribeiro, Bugatti et al., 2009).

في نظام CBIR مثالي، ما إن تؤخذ صورة أثناء فحص طبي وتُحلّل بعدئذ وتوصّف من قبل مصور شعاعي، حتى تُخزَّن في نظام PACS باتباع طريق التخزين. وعندما يرغب المستعملون باسترجاع صور مشابهة لتلك التي بيدهم، يجب أن يحصلوا على أكثر الإجابات معنويةً ظاهرةً أمامهم مباشرةً على الشاشة، وهذا ما يوفره طريق البحث في CBIR. سنناقش في ما يلي الخطوات الرئيسة في كلا الطريقين.

الشكل (1) بنيان نظام CBIR، يُظهر طريقَي تدفق البيانات الرئيسين: طريق التخزين وطريق البحث، وخطواتهما الرئيسية.



تحدث مرحلة استخلاص القَسَمات في كل من طريق التخزين وطريق البحث (العمليتان ② و⑥ في الشكل 1). وبالفعل، إنها خطوة أساسية، لأنّ بقية الخطوات تعتمدها في تحديد الهوية تحديداً صحيحاً وفي استرجاع أكثر الصور معنوية عند طرح الاستعلام. يجب أن توفر مجموعة القَسَمات تحديداً دقيقاً للصورة، وهي خاصة سنطلق عليها اسم "خاصة القدرة على تحديد الهوية" لمتجه القسمة. مثالياً، يجب أن يكون متجه القسمات قادراً على تحديد هوية الصورة الموافقة تحديداً وحيداً بين جميع الصور. ولا تُعَدّ

القسمات غير القادرة على تمييز صورة عن أخرى مهمةً، ولكن، هناك حالات لا توجد فيها قسمات قادرة على تحقيق هذا التمييز العالي، عندها تُستعمل قسمات أقل قدرة على التمييز بدلاً منها.

حدسياً، يمكن أن يعتقد المرء أنّ استخلاص عدد كبير من القسمات من الصور هو أفضل طريقة لتغطية جميع خصوصيات الصور، مما يجعل العملية أكثر وثوقية. ولكن هذا غير صحيح لسببين على الأقل. السبب الأول هو أنّ العديد من هذه القسمات مترابط، وزيادة عددها لا تضيف بالضرورة معلومات جديدة. وعلاوةً على ذلك، تقود متجهات القسمات ذات الأبعاد الكبيرة إلى المشكلة المسماة لعنة الأبعاد، وهي تجعل عملية فهرسة واسترجاع الصور أمراً غير عملي. أي إنّه، في حالة الفضاءات المتجهية ذات الأبعاد الكبيرة، تكون المتجهات المتجاورة أو البعيدة تقريباً على المسافة نفسها، وهذا ما يجعل من الصعب فصلها (Domeniconi et al. 2007; Katayama and Satoh, 2001; Pola, TrainaandTraina, 2009). سنناقش هذه المشكلة بعمق أكبر في المقطع 3.1.

إنّ لخطوتي إنشاء الفهرس واسترجاع التشابه أثراً كبيراً في أداء النظام (الإجرائية ③ في الشكل 1). يُبحَث عن الصور من طريق مُقارنة متجهات القسمات الموافقة (الإجرائية ⑦)، والمقاربة الساذجة هي في إجراء بحث متتالٍ على كامل مجموعة الصور. يهدف إنشاء بنية فهرس على مجموعة متجهات القسمات إلى توفير إجابةٍ أسرع على الاستعلام. ولكن المشكلة هي كيف نُفهرس مجموعة من الصور. في الحقيقة، يجري تطوير بنى فهرسة خاصة للتعامل مع المشكلات المتعلقة بفهرسة متجهات قسمات الصور، وسنتطرق إلى هذه المشكلات في المقطع 3.2.

تأتي خطوات تخزين واسترجاع الصور (الإجرائيتان ④ و⑧ في الشكل 1) بمشكلة *أين* و<u>كيف</u> تُخزّن الصور. وتشتمل الأسئلة التي تحتاج إلى إجابة على النقاط التالية:

- هل من الأفضل تخزين كل صورة لوحدها في ملف ضمن نظام ملفات الحاسوب أم ضمن نظام إدارة قاعدة معطيات.
- ما هي الفترة الزمنية التي يجب فيها المحافظة على الصور في الخط، قبل أن تُرسل للتخزين في مستوعب ثالث.

تواجه مسألة تخزين متجهات القَسَمات تحديات مشابهة كما يلي. ما إن يجري تخزين صورة، حتى يُستخلص متجه قَسَماتها لإنشاء بنية الفهرس. عادة يُطبّق أكثر من مُستخلص قَسَمات على كل صورة. وتُنشأ بنية فهرسٍ منفردة لتصنيف القسمات التي يجري الحصول عليها من كل مُستخلِص. ولما كانت خوارزميات استخلاص القسمات متطلّبة كبيرة للوقت عادة، يجب تخزين القسمات المُستخلصة مع رابط يربطها بالصور التي استخلصت منها، بحيث لا نحتاج إلى تكرار عملية الاستخلاص عند كل بحث أو مقارنة. وعلاوة على ذلك، هناك أيضاً تحديات مُكافئة تتعلق بمدة تخزين متجهات القسمات وكيفية القيام بذلك. سنتطرق إلى هذه المشكلات في المقطع 3.3.

وأخيراً، يعطي طريق البحث القدرة على تمحيص البحث على أساس إجابته في البدء (الإجرائية ⑨ في الشكل 1). إذا أُتيحت هذه الإمكانية، يمكن للمستعملين أن يضيفوا ملاحظات، من بين الصور المسترجعة، على تلك التي يرون أنّها تعطي أفضل الإجابات على استعلامهم. بهذه الطريقة، يمكن استعمال عدد من التقنيات لتحسين نوعية الإجابة. يسمح نموذج "التغذية الراجعة حول الأهمية" التقليدي بسؤال النظام أن يعيد الاستعلام نفسه آخذاً بعين الاعتبار تفضيلاتهم. (Ferreira,Torres, Goncalves and Fan,2008) و(Rosa et al., 2008). يمكن أيضاً استعمال تقنيات أكثر حداثة على قاعدة التنقيب في المعطيات لتحقيق الهدف نفسه، وللحصول في بعض الأحيان على إجابات أفضل عن الاستعلامات اللاحقة، دون الحاجة إلى إعادة الاستعلام نفسه.

(Barioni, Kaster, Razente, Traina, and Traina, 2010; Cordeiro, Guo, et al., 2010; Huiskes, Thomee, and Lew, 2010; Müller, Assent, and Seidl, 2009; Razente, Barioni, Traina, Faloutsos, and Traina, 2008; Razente, Barioni, Traina and Traina, 2008; Savia, Puolamäki, and Kaski, 2009).

يمكن أن تساهم جميع هذه التقنيات في تحسين نوعية الإجابات التي يقدمها نظام CBIR إلى حد ما.

فجوات الأداء

في هذا المقطع، نشرح بالتفصيل المظاهر الرئيسية المتعلقة بفجوات الأداء المذكورة سابقاً التي تحدث في نظام CBIR، كما نعرض إضافةً إلى ذلك الجهود البحثيّة المبذولة لمواجهتها.

المعالجة السابقة للمعطيات: اختيار القَسَمات وخفض الأبعاد

إنه لمن الشائع، بهدف زيادة القدرة على تحديد الهوية التي تتمتع بها مجموعة قسمات، استعمال أكثر من خوارزمية استخلاص لتمثيل جوانب متباينة من الصورة. مثلاً، من المعتاد استخلاص قسمات على قاعدة لون وبنية وشكل الأشياء المصوّرة في الصورة، وذلك بالإضافة إلى مُستخلِصات نوعية مُفصّلة خصّيصاً لنوع محدد من صور الفحوصات الطبية راهمان وأنتاني وتوما (Rahman, Antani and Thoma, 2010). يُسهم كل مُستخلِص قسمات بعدد من القَسَمات (الأبعاد) التي توضع في متجه قسمات. ولكن، يمكن لاستعمال عدد كبير من القسمات لتمثيل الصور بدلاً من تحسين القيمة التمثيلية لهذه القسمات أن يقود إلى مشكلة. فمع ازدياد عدد القَسَمات تصبح إجراءات الفهرسة والاسترجاع والمقارنة والتحليل غير فاعلة، ومتطلّبة زمنياً. وعلاوة على ذلك، في معظم الحالات يكون عدد كبير من القسمات مترابطاً، وتحمل من ثَمّ معلومات مكرّرة تؤدي في الحقيقة إلى تشويش عملية مفاضلة الصور. لذلك فإنّ عدداً كبيراً من القسمات يقود أنظمة

CBIR لمواجهة مشكلة تُعرف باسم "لعنة الأبعاد" (Houle, Kriegel, Kroger, Schubert and Zimek, 2009; Korn, Pagel and Faloutsos, 2001). ولقد أُثبت في بيير، غودشتاين، راماكريشنان وشافت (Beyer, Godstein, Ramakrishnan and shaft, 1999) أن زيادة عدد القسمات (ومن ثَمّ بُعد فضاء المعطيات) تُسبب فقدان القسمات معناها. لذلك فإنّ إبقاء عدد القسمات صغيراً بقدر الإمكان أمرٌ أساسي، مما يُثبتُ وجود حل وسط بين القدرة على التمييز وقياس متجه القَسَمَات.

ما يجعل قَسَمَة تفقد معناها هو حقيقة كون المعلومات التي تحملها ممثّلة أصلاً في القسمات الأخرى – أي يوجد ارتباطات بين هذه القسمات. تؤدي الارتباطات إلى إفساد التحليل ونشاطات التنقيب في المعطيات (Sousa, Traina, Traina, Wu andFaloutsos, 2007) و(LiuandYu, 2005). شجّعت هذه الحقيقة مجتمعات قواعد المعطيات والتعلّم الآلي على تطوير أبحاث جديدة لاكتشاف أي المواصفات هي الأكثر معنى، وكيف ترتبط مع البقيّة في مجموعة من المواصفات (قسمات). ولمّا كان من الممكن حدوث ترابط بين قسمات يجري الحصول عليها من مُستخلِصات مختلفة، فإنّ الطريقة الوحيدة للإبقاء على عدد أبعاد متجه القسمات صغيراً، مع السماح في الوقت نفسه لعدّة مُستخلِصات قسمات بالعمل معاً للمحافظة على محتوى الصورة، هي بتحديد تلك القسمات الأكثر مساهمة في جعل متجهات القسمات من صور متباينةِ الأنواعِ متباينةً. لذلك، يمكن في مرحلة أوليّة أن تكون متجهات القسمات كبيرة، ثُمّ يجري بعدئذ خفض عدد القسمات، أو عدد الأبعاد، بالنظر إلى مجموعة القسمات بالإجمال.

هناك مُقاربتان رئيسيتان لإجراء خفض الأبعاد: تحويل القسمات واختيار القسمات. تولّد التقنيات على أساس تحويل القسمات قسماتٍ جديدةً تجمّعُ الأصليةَ معاً. فتحوّل فضاء المعطيات، لجعل المعلومات المُقحمة في المعطيات أعظمية. تقنية تحويل القسمات الأكثر شهرة هي تقنية تحليل المركّبة الرئيسية Principal Component

Singular Value وتحليل القيم المنفردة (Jolliffe,2002) Analysis (PCA) Decomposition (SVD) (Korn,Jagadish and Faloutsos,1997). تخفض تقنية SVD بُعد فضاء المعطيات من طريق توليد مجموعة من القَسَمات الإضافية باستعمال عبارات خطيّة بالقسمات الأصلية، مرتبة وفق قدرتها التمييزية. أمّا PCA فهو يُسقط إسقاطاً قائماً المعطيات على فضاء عدد أبعاده أصغر من طريق تعيين الاتجاهات حيث يكون التباين أعظمياً. وهناك تقنية أخرى لخفض عدد الأبعاد هي طريقة تحليل المركبة المُستقلّة Independent Component Analysis (ICA). تستعمل طريقة ICA الإسقاط الخطي مثل PCA، ولكنها تقترن بمعايير خاطئةٍ مختلفة مثل الكورتوسيس kurtosis والنغنتروبي Negentropy (Hyvarinen and Oja, 2000).

ومن ناحية أخرى، تُخفّض تقنيات انتقاء القَسَمات عدد الأبعاد من طريق ترتيبها على أساس مقدار المُساهمة التي تقدمها كل قسمة جديدة إلى القسمات السابقة، وانتقاء تلك القسمات ذات المساهمة الأكبر فقط. ولقد اقترحت الأدبيات عدّة تقنيات انتقاءً للقسمات، تشمل خوارزميات جينية (Liu and Yu, 2005; Lu, Zhao and Zhan, 2008; Silva, Traina and Traina, 2009)، وخوارزميات الانتقاء المتتالي للقسمات مثل تثقيل القسمات، بالإضافة إلى عمليات البحث المتتالي التقدمي والتراجعي والثنائي الاتجاه (Traina, Traina, Wu and Faloutsos, 2010) (Vafaie and Jong, 1993)، وخوارزميات ترتيب المواصفات على أساس مقاييس الأنتروبية (Dash, Liu and Yao,1997)، وانتقاء القسمات المُقاد بتصنيف التسميات وانكفاء الخرْج (Jebara and Jaakola, 2000)، وتقنيات على أساس نظرية الكَسوريات Fractal Theory (Sousa et al., 2007). انظر إلى بلوم ولانغلي (Blumand Langley, 1997) لدراسةٍ استعراضيةٍ حول انتقاء القسمات باستعمال تقنيات التعلم الآلي، و(Liu and Yu, 2005) لدراسة استعراضية لانتقاء القسمات للتصنيف والتجميع (Molina, Belanche and Nebot, 2002) و لتقييم ومقارنة خوارزميات انتقاء القسمات.

هناك تحدٍّ شائع يواجه الأبحاث في مجال طرائق انتقاء القسمات أو المواصفات يتمثل بالازدياد الانفجاري لزمن الحساب المتعلق إما بازدياد عدد المواصفات أو ازدياد عدد العناصر في مجموعة المعطيات. بالفعل، يمتلك العديد من تقنيات خفض عدد الأبعاد الموجودة تعقيداً حسابياً فوق خطّي أو أسّي حتّى في ما يتعلق بعدد المواصفات المأخوذة في الاعتبار (Sousa et al., 2007). هذه هي حال خفض عدد أبعاد متجه القَسَمَات الناتج من الصور الطبيّة. لذلك، يجري تطوير تقنيات تستهدف تحديداً هذا المجال من التطبيقات.

خوارزمية (StARMiner) لانتقاء القَسَمات

تستعمل إحدى التقنيات الواعدة لانتقاء القسمات قواعدَ إقرانٍ لإيجاد القَسَمة الأكثر تمثيلاً. وتقنية StARMiner (Ribeiro, Balan, Felipe, Traina and Traina, 2009) هي مثال يسمح ببناء نماذج تصنيف غير مُراقَبة. تهدف StARMiner إلى إيجاد قواعد إقران إحصائية بين متجهات القَسَمَات المُستَخْلَصة من الصور، بهدف تحديد القَسَمَات (المواصفات من وُجهة نظر قاعدة البيانات) التي تفصل على أفضل وجه الصور إلى فئات تصنيفيّة. هي إذاً تبحث عن قواعد من الصيغة $x \leftarrow A$ حيث x هي خاصّة من خواص الصورة يتعرّفها المستعمل، وهي عادة صنف من الصور، و A هي قيمة قَسَمة بعينها أو مجال من القيم. مثلاً القاعدة: "102←كتلة سليمة" التي يُحصل عليها من صور الثدي التي تنصّ مخططاتها المستَخْلَصَة على أنّ القَسَمَة ذات الرقم 102 لها توزيع منتظم وخاص في صور الكتل السليمة، وهي مختلفة في سلوكها في جميع الصور الأخرى داخل مجموعة المعطيات.

يُنقّب StARMiner عن القواعد من الصيغة $x \rightarrow A_i$، وتُحدّد قاعدةٌ عند تحقّق الشروط التالية فقط:

- يجب أن يكون سلوك المواصفة A_i في صور الفئة x مختلفاً عن سلوكها في صور الفئات الأخرى.

- يجب أن تُبدي المواصفة A_i سلوكاً منتظماً في حالة صور الفئة x .

لقد جرى تنفيذ الشروط السابقة في خوارزمية StARMiner الذي يضم قيود الأهمية على إجرائية التنقيب. فلتكن T قاعدة بيانات صور طبية، ولتكن x فئة من الصور، و T_x المجموعة الجزئية من T المكونة من صور الفئة x، و A_i قَسَمَة. أمّا قيود الأهمية المنفّذة في خوارزمية StARMiner فهي:

1) $\left|\text{Avg}_{A_i}(Tx) - \text{Avg}_{A_i}(T - Tx)\right| = mindif$، حيث

   - $\text{Avg}_{A_i}(Z)$ هو متوسط القَسَمَة A_i على المجموعة الجزئية Z.
   - $mindif$ هو موسط الدخل الذي يشير إلى الحد الأدنى المسموح به للفرق بين متوسط A_i في صور الفئة x ومتوسطها في بقية صور قاعدة المعطيات.

2) اختبار فرضيات. يُرفض الفرض H_0 بثقة تساوي أو أكبر $minconf$، حيث

   - $H_0 : \text{Avg}_{A_i}(Tx) = \text{Avg}_{A_i}(T - Tx)$.
   - $H_1 : \text{Avg}_{A_i}(Tx) \neq \text{Avg}_{A_i}(T - Tx)$.

   حيث $minconf$ هي موسطُ دَخْل يشير إلى الثقة الصغرى لرفَض الفرْض H_0.

3) $\sigma_{A_i}(Tx) \leq maxstd$، حيث

   - $\sigma_{A_i}(Tx)$ هو الانحراف المعياري لقيم القَسَمَة A_i على المجموعة الجزئية Tx.
   - $maxstd$ هو موسط دَخْل يشير إلى الحد الأعلى للانحراف المعياري لقيم A_i المسموح به في صور الفئة x.

يُحدد StARMiner القسمات التي تمتلك قوة التمييز الأعلى. لأنّها تمتلك سلوكاً خاصاً ومنتظماً في صور من فئة معطاة. هذا مهم لأن القَسَمات التي تُظهر سلوكاً منتظماً على جميع صور مجموعة معطيات، بقطع النظر عن الفئة التي تنتمي إليها، لا تُساهم في تفريق مجموعة المعطيات إلى فئات، ويجب حذفها.

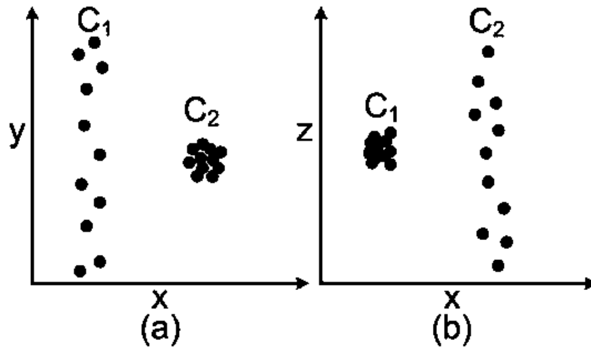
انتقاء القَسَمَات بالتجميع

هذه تقنية جديدة لخفض عدد الأبعاد على أساس حقيقة أنّ المُقاربات الموجودة، التي تشمل تلك المذكورة سابقاً، تعتمد عادةً تحديدَ الارتباطات بين القَسَمَات (المواصفات). كما وُصِفَ سابقاً، تقوم الاستراتيجية التقليدية على تحديد وحذف جميع علاقات الارتباط، من طريق جعل تأثير لعنة الأبعاد أصغرياً بإيجاد مجموعة جديدة من الأبعاد المتعامدة، المنخفضة العدد، التي تحوي أبعاد (قسمات) غير مرتبطة ذات صلة في تجميع المعطيات في فئات. ولكن لاحظ أنّ الارتباطات المكتشفة يجب أن تحدث عند جميع عناصر مجموعة المعطيات المتعلّقة بمجموعة من الأبعاد. تُعرَفُ هذه باسم الارتباطات الشاملة. ولكن، في حالة معطيات لمتجهات قَسَمَاتها المُستخلَصة أكثر من عشرة أبعاد، غالباً ما تُظهر ارتباطات تُشير إلى مجموعات جزئية من عناصر المعطيات والأبعاد فقط، التي تُسمى ارتباطات موضعيّة دومينيكوني (Domeniconi et al., 2007). في الحقيقة، يمكن أن ترتبط تجمّعات متباينة بمجموعات مختلفة من الأبعاد. لذلك، من الواضح أنّ تقنيات خفض الأبعاد التقليدية لا تحدّد جميع الارتباطات المحتملة، لأنها تحسب الارتباط في كامل مجموعة المعطيات (Aggarwal and Yu, 2002; Cordeiro, Traina, Faloutsos and Traina, 2010; Domeniconi et al., 2007; Kriegel, Kröger and Zimek, 2009b; Moise, Sander, and Ester, 2008; Ng, Fu, and Wong, 2005) ولتحسين النتائج هناك طريقة تأخذ في الاعتبار الارتباطات الموضعية بالإضافة إلى الارتباطات الشاملة.

يمكن للخوارزميات المسماة خوارزميات تجميع الفضاء الجزئي أن تمثّل خطوة إلى الأمام نحو تحقيق هذه الفكرة، لأنه يمكن أن يُنظَر إليها بصفتها مُقارَبة غير تقليدية لانتقاء القَسَمَات. تُحدِّد هذه الطرائق الارتباطات الموضعية من طريق تحديد التجمعات التي تُلحَظ عندما تُسقَط المعطيات على مجموعات جزئية من مجموعة الأبعاد الأصلية فقط. أي، تُحدّد الارتباطات الموضعية، لأنّ كل تجمّع هو مجموعة جزئية من عناصر المعطيات يظهر فيها ارتباط كثيف، بالنظر إلى بعضٍ من مجموعة الأبعاد الأصلية

(Agarwal and Yu, 2002). يبيّن الشكل(2) أمثلة على مثل هذه التجمعات في مجموعة معطيات ثلاثية الأبعاد على المحاور $\{x, y, z\}$. يبين الشكل (2a) المعطياتُ وقد أُسقطت على المحورين x و y، في حين يبين الشكل (b2) المعطيات نفسها وقد أُسقطت على المحورين x و z. هناك تجمّعان اثنان في هذه المجموعة من المعطيات، C_1 و C_2. نقاط التجمع C_1 مرتبطة بكثافة بالنظر إلى المحورين x و z، في حين يشير التجمع C_2 إلى ارتباط موضعي بالنسبة إلى المحورين x و y. لاحظ أنّ هذه ليست ارتباطات شاملة، لأن الارتباطات تحدث بالنظر إلى مجموعات جزئية من مجموعة المعطيات فحسب. تُبيّن عناصر التجمع C_1 ارتباطات تختلف عن تلك الموجودة في التجمع C_2، وتشير الارتباطات إلى مجموعات متباينة من الأبعاد. في الحقيقة، هذه الارتباطات غير موجودة عند النظر إلى كامل مجموعة المعطيات. لذلك لا يكون خفض عدد الأبعاد التقليدي قادراً على تسليط الضوء على ارتباطات مثل التي يبينها مثالنا.

الشكل(2). أمثلة على مساقط ثنائية الأبعاد لارتباطات موضعية من مجموعة معطيات ثلاثية الأبعاد على ثلاثة محاور $\{x, y, z\}$.



لقد استُعمِل تجميع الفضاءات الجزئية استعمالاً واسعاً في تجميع المعطيات المتعددة الأبعاد ذات العشرة أبعاد أو أكثر، كما هي حال القسمات المُستخلصة من

الصور. ويمكن أن نجد استطلاعاً حديثاً في كريغل، كروغر وزيمك (Kriegel, Kröger and Zimek, 2009a). ولكن انتقاء القسمات هو تطبيق حديث جداً لهذه الطرائق. الفكرة العامّة هي أنه بدلاً من حذف الارتباطات الشاملة، ويمكن للمرء أن يُحدّد الارتباطات الموضعية المتعلقة بمجموعات جزئية معيّنة من المعطيات، ويفترض أنّ الأبعاد التي تظهر فيها هذه الارتباطات هي الأبعاد الأكثر صلة، لأنها تلك الأبعاد التي تسمح بالتفريق بين الفئات المتباينة ضمن مجموعة المعطيات. بكلمات أخرى، يجب عدم حذف البُعد الذي يظهر مرّة على الأقل في إحدى الارتباطات الجزئية الملحوظة، لأنّ لمثل هذه الأبعاد القدرة العليا على التمييز، وتتصرف بخصوصية وانتظام على عناصر تجمّع بعينه. أمّا القسمات الأخرى التي تُبدي سلوكاً منتظماً على جميع عناصر مجموعة المعطيات، فهي لا تُساهم في تجزئة المعطيات إلى فئات، ولذلك يجب حذفها. بالنتيجة، إنّ استعمال خوارزميات تجميع الفضاءات الجزئية لانتقاء القسمات من المعطيات ذات العشرة أبعاد أو أكثر أمرٌ واعدٌ، واستراتيجيةٌ جديدة لجعل آثار لعنة الأبعاد أصغريّة للعديد من مهام التنقيب في المعطيات، بما يشمل تلك التي تؤديها أنظمة CBIR.

هناك خوارزمية جديدة مفيدة على وجه الخصوص لتحديد القسمات في متجه القسمات المُستخلَصَة من صور هي خوارزمية MrCC (Cordeiro, Traina et al., 2010). إنّها خوارزمية تجميع سريعة على أساس الكثافة قادرة على تحديد الارتباطات الموضعية. إنها تُنشئ شبكة متعددة الأبعاد على كامل فضاء المعطيات وتَعُدّ النقاط الموجودة في كل خلية من خلايا الشبكة. وتُستعمل بنية شبيهة بشجرة مكّعبات فائقة لتخزين شجرة الأعداد. وبعدها تُخْضَع الشجرة لإجرائية ترشيح قادرة على تحديد المناطق الأكثر كثافة من جوارها بالمعنى الإحصائي بالنظر إلى أحد الأبعاد على الأقل، وهذا يقود إلى نتيجة التجميع النهائية. للخوارزمية تعقيد زمني وتخزيني خطي أو شبه خطي في ما يتعلّق بحجم المعطيات وعدد أبعادها. لذلك نعتقد أن خوارزمية MrCC تمثل أداةً واعدة لتعيين الارتباطات الموضعية في مجموعات معطيات كبيرة جداً، يمكن أن تقود إلى إجرائية

انتقاء قَسَمَات لمعطيات متعددة الأبعاد ناجعة وفاعلة، مثل حالة قَسَمات مُستخلصة من ملايين أو مليارات من الصور الطبية.

انتقاء القَسَمات والتقطيع: خوارزمية أوميغا

تعطي أكثر أنواع القسمات (المواصفات) الشائعة المستعملة في CBIR قيماً مستمرة. وعليه يمكن للقَسَمات المستمرة أن تأخذ عدداً لا نهائياً من القيم العددية المرتبة. من المهم، في بعض تطبيقات CBIR، أن يكون لقَسَمةٍ عدد منتهٍ من القيم، وعلاقة ترتيب بين هذه القيم، إذ أنّ هذا ما يحسّن سرعة ودقّة عملية الاسترجاع. ولكنّ الخطوة الأكثر أهمية في عملية المعالجة السابقة في أنظمة CBIR هي عملية انتقاء القَسَمات.

لقد اقتُرِحت خوارزمية تسمى أوميغا تهدف إلى إجراء تقطيع مُراقَب للمعطيات على القسمات المستمرة وانتقاء للقسمات ريبيرو، فيريرا، ترينا وترينا (Ribeiro, Ferreira, Traina and Traina, 2008). تهدف أوميغا إلى الحفاظ على عدد أصغري من المجالات مع عدد أصغري من التضاربات، محققةً حلاً وسطاً بين هذين المُتطلَّبَين، مما أدّى في آن معاً إلى زيادة في الدقة وخفض في زمن المعالجة عند كل تنفيذ لاسترجاع على أساس المحتوى CBIR. تعالج أوميغا كلّ قَسَمَة على حدة مُنفّذة ثلاث خطوات لإنجاز تقطيع المعطيات وخطوة واحدة لإنجاز انتقاء القَسَمة.

تتلخّص خطوات أوميغا كما يلي: لتكن f قَسَمة، ولتكن f_i قيمة القَسَمَة f في حالة المُعطى i. يَستَعمِل أوميغا بنية معطيات تربط كل مُعطى من f_i بتسمية صف هذا المعطى c_i. ليكن I_i الزوج (f_i, c_i). وليكن U_k و U_{k+1} حدّي مجال T_k. ينتمي المعطى I_i إلى مجال $T_k = [U_k, U_{k+1}]$ إذا وفقط إذا كان $U_k < f_i < U_{k+1}$.

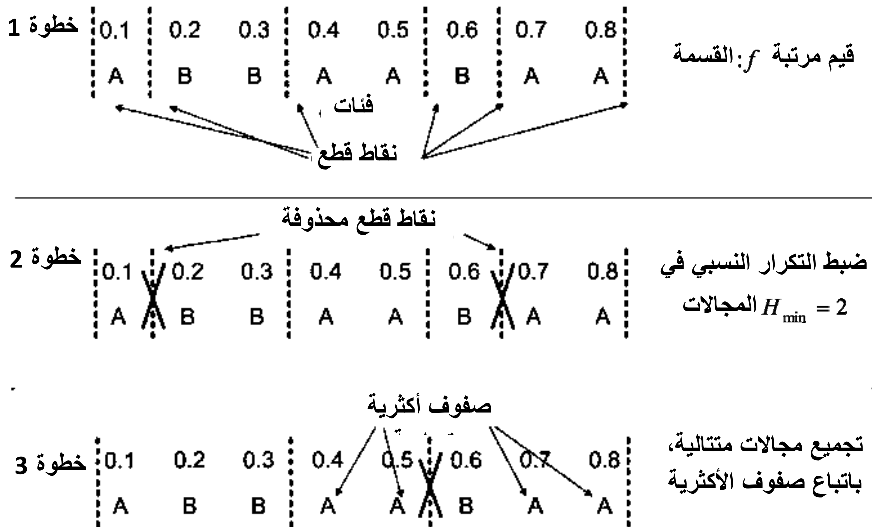
أولاً، يُرتّب أوميغا القيم المستمرّة للقَسَمَات ويُعرّف نقاط القطع البدائية (انظر الشكل 3). توضع نقطة قطعٍ قبل أصغر القيم وتوضع أخرى بعد أعلى قيمة، وفي كل مرّة تتغير قيمة ويحدث تغيير في تسمية صف، تُنشأ نقطة قَطع. تولّد هذه الإجرائية عُلباً

خالصةً، هي عُلبٌ حيث الإنتروبيّة أصغر ما يمكن (صفر). ومع ذلك، يميل عدد العُلب المُولّدة في هذه الخطوة الأولى لأن يكون كبيراً جداً وعرضة للضوضاء.

ولتفادي الحصول على عدد هائل من المجالات (الذي يصل في أسوأ حالة إلى عدد القيم المستمرة الأصلية نفسها)، يحذف أوميغا نقاط القطع. حيث يقيد أوميغا التكرار الأصغري الذي يمكن أن تمثله عُلبة من طريق إزالة نقطة القطع اليمينية للمجالات التي لا تحقق قيد التكرار الأصغري المعطى بصفته موسط دَخْل $H_{\min}$. يمكن لآخر مجال ألاّ يُحقق قيد التكرار فقط.

وفي الخطوة الثالثة، يُجمّع أوميغا المجالات المتجاورة، مُحدّداً معدّل التضارب المتولّد عن تجميعها. يستعمل أوميغا مقياساً لمعدّل التضارب لتحديد أي المجالات يجب أن تُدمج. يُحسب معدّل التضارب كمجموع نسب ظهور الصفوف التي هي ليست الصفوف الأكثر تكراراً في العُلب الموافقة. تُرتِّب الخوارزمية القسمات تصاعدياً تبعاً لقيم تضاربها. توجد تفاصيل الخوارزمية في (Ribeiro et al., 2008).

الشكل(3). مراحل خوارزمية أوميغا الثلاث



الفهرسة

تؤسس بنى الفهرسة على خوارزميات وتقنيات تهدف إلى ترتيب المعطيات، بحيث يمكن مباشرة استثناء أجزاء من المعطيات، منعاً من مُقارنة العديد من عناصر المعطيات مع مرجع الاستعلام. وهذا ما يُسرّع عملية البحث في المعطيات عن عنصر معطى، عدّة مراتب كِبَر في بعض الأحيان.

أكثر الأمثلة شيوعاً على بنى فهرسة هي تلك المؤسسة على خاصة الترتيب الكلي، أي المقارنات باعتماد المؤثرات ($<,\leq,\geq,>$)، المعتمدة في حالة الأعداد، والمتتاليات النصيّة الصغيرة (حيث يُطبّق الترتيب المُعجمي). إذ أُبقيت العناصر مرتبة، أدت مُقارنة عنصر الاستعلام مع العنصر الوسيط في مجموعة المعطيات إلى تسريع البحث، لأن الإجابة ستكون في النصف الأدنى أو في النصف الأعلى من المجموعة، ولا نحتاج إلى البحث في النصف الآخر. وهكذا، تكون بنى الفهرسة مفيدة جداً في تسريع الوصول إلى عناصر بعينها في مجموعة معطيات ضخمة. في الحقيقة هناك مركبات مركزية في أنظمة إدارة قواعد المعطيات DBMS، تستعمل بنى الفهرسة لتوليد الطرائق التي تخصها للنفاذ إلى المعطيات.

لسوء الحظ لا تمتلك مجموعات المعطيات المكونة من صور خاصة الترتيب الكلي. لذلك يجب إيجاد خواص أخرى بهدف إنشاء بنى فهرسة قادرة على معالجة استعلامات التشابه. في الحقيقة، لمّا كانت مُقارنة الصور عملية أكثر كلفة بكثير من مُقارنة الأعداد أو المتتاليات النصيّة، برزت الحاجة أكثر إلى استعمال بنى فهرسة فاعلة أو طرائق نفاذ عند مقارنة الصور منها بالمقارنة مع المعطيات التقليدية.

هناك مقاربتان رئيسيتان تستعملان عادة لفهرسة المعطيات المعقدة المتعددة الأبعاد، مثل متجهات القسمات: نموذج الفضاء المتجهي المتعدد الأبعاد، المسمى تكراراً

النموذج الفضائي، ونموذج الفضاء المتري. يفترض نموذج الفضاء المتجهي المتعدد الأبعاد أنّ كل صورة ممثلة بواسطة متجه قَسَمَات يمتلك العدد نفسه منها، وكل قسمة هي إمّا عددٌ من مجال مستمر أو قيمة فئوية. وهكذا تكوّن كل قَسَمَة بُعداً من أبعاد فضاء المعطيات. أمّا نموذج الفضاء المتري فيسمح بأن يكون لمتجهي قسمات صورتين مختلفتين أبعاداً مختلفة (مثلاً يمكن لمتجهي قَسَمات يصفان مجموعة الأشياء أو الموجودات في صورتين أن يحويا عددين مختلفين من التوصيفات). كما من الممكن أيضاً لمتجه قَسَمات أن يحوي قَسَمات ليست مجرّد أعداد أو قيماً فئوية، مثل توصيف دالة، أو متتالية أو بيان. ولكن يتطلب الفضاء المتري دالة مسافة قادرة على قياس مدى التشابه (أو الاختلاف) بين زوج من الصور، مُقيّماً مدى التشابه بواسطة عدد يكون أكبر كلما زاد مقدار عدم التشابه بين الصور. لذلك، إذا أمكن توافر دالة مسافة مُناسِبة، يُصبح أي فضاء متجهي متعدد الأبعاد فضاء مترياً.

تُنظّم المعطيات من فضاء متجهي متعدد الأبعاد وفق طرائق نفاذ مكانية (SAM). لقد جرى تطوير بنى SAM أساساً للتعامل مع عدد صغير من الأبعاد، مثل بُعدين لمعطيات مرجع جغرافي على الخرائط. الأمثلة الأكثر استعمالاً من بين هذه البنى هي بنية (R-tree) (Guttman, 1984) والبُنى الناتجة منها. تميل متجهات القَسَمات لأن يكون عدد أبعادها كبيراً، مئات أو آلاف من الأبعاد. وللأسف، لا تستطيع بنى SAM التعامل مع مجموعات معطيات بمثل هذا العدد من الأبعاد، فهي تنهار عادة عندما يتجاوز عدد الأبعاد العشرة (Berchtold and Kriegel, 1996). لذلك، يبحث الباحثون عن بنى جديدة للمعطيات قادرة على التعامل مع مثل هذه المتطلبات. (Almeida, Valle, Torres and Leite, 2010; Carelo et al., 2011;) (Malik et al., 2009; Pola et al., 2009; Xin, Chen and Han, 2006).

لقد جرى أيضاً تطوير عدة طرائق نفاذ متريّة. وكانت طريقة M-tree (Ciaccia, Patella and Zezula, 1997) أوّل الطرائق التي تسمح بإقحام عناصر جديدة بعد أن تكون

البنية قد أنجزت. طوّرت طريقة النفاذ المترية MAM هذه من قبل عدّة أشخاص، مثل الطريقة التي تحمل اسم Slim-tree (C. Traina, Jr.,

Traina, Faloutsos, and Seeger, 2002;) (C. Traina, Jr., Traina, Seeger, and Faloutsos, 2000)، وعائلة

طرائق النفاذ المتريّة Omni (Santos Filho, Traina, Traina, and Faloutsos, 2001)، وطريقة النفاذ المترية DBM-tree، من (Vieira, Traina, Chino and Traina, 2010). تتيح طرائق OMNI استعمال البنى على أساس خاصة الترتيب الكلي الموجودة أصلاً في أنظمة إدارة قواعد المعطيات التجارية لفهرسة الصور وإجراء استعلام التشابه (Traina, SantosFilho,Traina, Vieira and Faloutsos, 2007). أمّا DBM-tree فهي حساسة لكثافة المعطيات الموضعية، ومن ثَمّ فهي قادرة على فهرسة المعطيات من جهة وتساعد على اكتشاف المناطق ذات التوزيع العالي الكثافة من جهة أخرى.

إنّ طريقة (Slim-tree) واحدة من أسرع طرائق النفاذ المتريّة، ولقد استُعملت بنجاح لتتضمن عمليات البحث عن التشابه في لغة الاستعلام البنيوية SQL وهي لغة الاستعلام القياسية في DBMS (Barioni, Razente, Traina andTraina, 2006)، وفي أنظمة الاتصال وأرشفة الصور (Rosa, Marques, Traina and Traina, 2007; Traina, Rosa and Traina, 2003). إنها طريقة نفاذ فاعلة لتنفيذ كل من الاستعلام بمجال أو الاستعلام عن أقرب k جوار. (Barioni,Razente, Traina and Traina,2009; Vieira, Traina, Traina, Arantes and Faloutsos,2007). الاستعلام بمجال يبحث في مجموعة المعطيات ويسترجع جميع العناصر التي تشابه العنصر المرجعي وفق عتبة تُعطى ضمن الاستعلام. مثلاً "أوجد كل صورة مشابهة للصورة المرجع بأقل من خمس وحدات. "أما الاستعلام عن أقرب k جوار فيبحث في مجموعة المعطيات ويسترجع أقرب k صورة مُشابهة للصورة المرجع. مثلاً "أوجد أقرب k صورة شبهاً بالصورة المرجع." ولكن، هناك

عمليات أخرى مفيدة لتمكين PACS من الإجابة عن استعلامات تشابه مثل تلك القائمة على التجمعات في مجموعة البيانات (Barioni, Razente, Traina and Traina, 2008; Barioni et al., 2010). والاستعلامات التي تنظر في التشابه المجمّع لمجموعة من العناصر المرجعية (Razente, Barioni, Traina and Traina, 2008) و (Razente, Barioni, Traina, Faloutsos, et al., 2008).

أَمْثَلَةُ الاستعلام

تفيد بنى الاستعلام في تسريع الاستعلام البسيط، أي ذلك الاستعلام الذي يستند إلى مركز استعلام واحد ولقضية استعلام واحدة مثل "أوجد الصور الخمس الأقرب إلى الركبة اليسرى لجون دو". ولكن كثيراً ما يؤدي تجميع عدّة معايير بحث في استعلام واحد، والتنسيق بين الموارد المختلفة المستعمَلة للإجابة عن الاستعلامات، إلى العديد من البدائل حول كيفية الإجابة عن استعلام. مثلاً، لاسترجاع صورة مُشابهة لصورة معطاة أُخذت في فترة معيّنة، يجب الجمع بين معيارَي بحث: استرجاع صور مُشابهة لصورة معطاة، واسترجاع صور أُخذت في فترة معطاة، ثُم حساب تقاطع الإجابتين. لذلك، من المفيد، قبل البدء بتنفيذ خوارزميات معقّدة ومتطلّبة للوقت بهدف الإجابة عن استعلام، إجراء تحليل سريع لبدائل البحث، وتقدير كلفة كل منها وتنفيذ أسرعها كما هو موضّح في الدراسة (Monica Ribeiro Porto Ferreira, Traina, Dias, Chbeir and Traina, 2009).
في مثالنا، أَمِن الأفضل أن نبحث أولاً عن الصور المشابهة للصورة المعطاة، ثُمّ نبحث بينها عن تلك المأخوذة في الفترة المطلوبة، أم نبحث أولاً عن الصور المأخوذة في تلك الفترة ثُمّ نبحث بينها عن الصور المشابهة للصورة المعطاة؟ يُنفّذ الخيار المقدّر أنّه سيكون أسرع. تسمى هذه الإجرائية: أَمْثَلَة الاستعلام.

هناك صفّان أساسيان من البدائل يجب تحليلهما بهدف أمثَلَة الاستعلام: القرارات التي تحمل صفة العمومية لأي استعلام يُطرح على النظام، وقرار خاص بكل استعلام، كما هو موصوف في ما يلي:

أ) أمْثَلات عموميّة

يجب أن تُتخذ القرارات التي تحمل صفة العمومية على أي استعلام يُطرح أثناء تنجيز نظام CBIR. واحد من القرارات الرئيسية هو القرار حول كيفية تخزين كل صورة (Sears, Ingen and Gary, 2006). اعتمدت الأنظمة المبكرة فكرة تخزين كل صورة في ملف ضمن نظام ملفات الحاسوب، وهي تُخزّن مرجعاً أو مؤشراً على الموقع المخزّنة فيه في بنية الدليل في نظام CBIR (Lew, Sebe, Djeraba and Jain, 2006). ومع سهولة تنجيز هذا الحل، إلاّ أنه لا يمتلك أي ضمانة أمنية، وهو عرضة للأخطاء. فمثلاً، يمكن لمستعمل أن يغيّر من طريق الخطأ بنية الدليل فيجعل المراجع داخل نظام CBIR من دون فائدة. وعلاوةً على ذلك، يمكن أن يكون النفاذ إلى مجموعة من الملفات المنفردة أبطأ من الوصول إليها من طريق نظام إدارة ملفات متخصّص. تُخزِّن الأنظمة الحديثة على نحو متزايد الصور في بنى نظم إدارة قواعد معطيات DBMS (Barioni et al., 2010; Barioni et al., 2006;) (Guliato, Melo, Rangayyan and Soares, 2009, Kaster, Bueno, Bugatti, Traina, and Traina, 2009;) (Kaster, Bugatti, Traina, and Traina, 2010; Rosa et al., 2007). يُتيح هذا الحل تطبيق بروتوكولات أمان أكثر قساوة، تشمل التحكّم بكل سماحيات النفاذ والتعديل، ويمكن أن تستفيد من النفاذ السريع الذي يوفره DBMS.

وهناك قضية أخرى تتعلق بالفترة الزمنية التي يجب خلالها إبقاء الصور على الخط. المشكلة هي أنّ الصور الناتجة من الفحوص الطبية تكون كبيرة الحجم، وهي تُنتَج بكميات كبيرة. لذلك يتطلب الحفاظ عليها جميعاً من الخط تجهيزات تخزين فائقة الكبر. وعلاوة على ذلك، غالباً ما يكون النفاذ إلى الصور عالي التكرار في الفترة الأولى بعد أخذها، وبعد فترة، يصبح احتمال الرجوع إليها صغيراً جداً. لذلك، من المُجدي أن تُخزّن

الصور القديمة (Shoshani, Bernardo, Nordberg, Rotem and Sim, 1999) في مستوعبات ثالثية أو رابعية. تتكوّن المستوعبات الثالثية من تجهيزات يمكن آلياً النفاذ عبرها إلى قدر غير محدّد من المعطيات، ولكنها أبطأ من الأقراص الصلبة (المستوعبات الثانوية)، مثل نظام تقوم فيه ذراع آلية بتحميل وحدات تخزين متحركة مثل أقراص ليزرية أو أقراص DVD. أمّا المستوعبات الرابعية فهي مجموعة من وحدات التخزين المتحركة التي تُحمّل يدوياً من مشغّل بشري. فإذا ظهرت الحاجة إلى صورة، يمكن النفاذ إليها، ولكن يجب أن تُطلب على نحو سابق (مثلاً، عندما يعرف المستعمل أنّه سيطلع على حالة مريض سابق)، أو ينتظر المستعمل حتى تُسترجع الصور المطلوبة من المستوعبات الثالثية أو الرابعية (Pare, Aubry, Lepanto and Sicotte, 2005). تعتمد بنى الفهرسة المستعملة لتنفيذ استعلامات التشابه على القَسَمَات المُستَخْلَصة من الصور التي يمكن الحصول عليها على الخط حتّى ولو كانت الصور الموافقة غير متوافرة. وهكذا يمكن لاستعلامات التشابه أن تشير إلى صور مخزّنة في المستوعبات الثالثية أو الرابعية. يمكن الحفاظ على مُصغّرات الصور على الخط ما يفسح المجال للمحلّل البشري أن يُراجع إجابات استعلام التشابه قبل أن يطلب من النظام أن يُحمّل خارج الخط الصورة المرغوبة (Vespa, Traina and Traina, 2010) و(Stoian and al., 2008).

وهناك قضية ثالثة يجب أن يُتخذ القرار بشأنها أثناء تنجيز نظام CBIR وهي تتعلق بمكان تخزين القَسَمَات المستخلصَة وطول الفترة الزمنية التي يجب الاحتفاظ بها. إنّ عملية الاستخلاص عادة مُكلفةٌ من وجهة نظر زمن المعالجة الحاسوبيّة. لذلك، يجب تنفيذ عملية الاستخلاص، وفق خوارزمية معينة، لكل صورة مرّة واحدة فحسب، وذلك عند تخزينها في النظام. كانت الأنظمة الأولى تُخزّن القسمات مع الصور نفسها. فمثلاً، كانت صيغة ملفات DICOM تمتلك ما يلزم لتخزين القَسَمات المستخلصة مع الصورة في الملف نفسه (Kosch, 2003; Nema, 1999). ولكنّ هذه المقاربة ليست مُناسبة عندما يجب استرجاع عدد كبير من الصور في إجابة عن استعلام، لأنّ هذا يتطلب معالجة ملفات كبيرة تكراراً. هناك مقاربة أخرى هي إبقاء القَسَمَات مع الصور ولكن باستعمال

صيغة ملفات تفهمها نظم إدارة قواعد معطيات DBMS، مثل لغة التأشير الموسعة (XML) (Jung, 2005). ومع أن الحفاظ على القسمات مع الصورة مهم عند نقل الصور، مثلاً إلى محطة عمل المُحلّل، أو للمحافظة على السجلات الشخصية للحالات، إلاّ أنّ تنفيذ عمليات استرجاع على أساس المحتوى على مجموعات كبيرة من الصور أمرٌ مليء بالمشاكل وغير فاعل. لذلك فإنّ أفضل مقاربة هي في الحفاظ على معطيات الصور ومتجهات القسمات الموافقة في جداول داخل بنية تخزين DBMS (Barioni et al.,2006; Guliato et al., 2009; Lew et al., 2006). تضمن هذه المُقاربة تناسق المعطيات بسبب التحكم المركزي في DBMS، وهي أيضاً تسمح بإنشاء بنى فهرسة تُسرّع الإجابة عن الاستعلامات. وعلاوة على ذلك يمكن توضيب الصورة وقَسَماتها في ملف واحد باستعمال صيغ DICOM أو XML عندما نحتاج إلى إرسال الصور إلى أنظمة أخرى (H.Müller, Michoux, Bandon and (Geissbuhler, 2004;) (Tekli, Chbeir, and Yétongnon, 2009; Lew et al., 2006).

ب) أمْثَلات نوعية

تأخذ الأمْثَلَة النوعية بالاعتبار الشروط الخاصّة بكل استعلام، لذلك تجب معالجتها فقط من قِبَل النظام الجزئي المسؤول عن الإجابة عن الاستعلام في نظام CBIR. طُوّرت التقنيات هنا في أنظمة DBMS لمعالجة المعطيات التقليدية، مثل الأعداد والمتتاليات النصّية، ويُشار إليها عموماً باسم تقنيات أمثلة الاستعلام. لذلك يجب تكييف هذه التقنيات لتكون مفيدة في أمثَلَة استعلامات استرجاع الصور على أساس المحتوى. ومع أنّه لم يجرِ التعرض إلى العديد من القضايا بعدُ، ولكنّ هناك أبحاث أولية عديدة تُذكر، تشمل تطوير قواعد جبريّة لإعادة كتابة الاستعلام (Monica Ribeiro Porto Ferreira et al., 2009, Adali, 1998) (Traina, Traina,Vieira, Arantes and Faloutsos, 2006) وتوليف الفهارس (Skopal and Loloc, 2009)، ومكاملة أفضل لخوارزميات البحث (Névéol, Deserno, Darmoni, Güld, and Aronson, 2009) (Thonangi, He, Doan, Wang and Yang, 2009; Venkateswaran, Kahveci, Jermaine and Lachwani, 2009; Wichert,

(Chatzopoulou, Eirinaki, and ومعالجة طريق الولوج 2008; Yu and Dong, 2010) .Polyzotis, 2009; Venkateswaran et al., 2009)

مناقشة وأمثلة

تُسيء عموماً فجوة الأداء إلى خبرة المستعمل عند تفاعله مع نظام يدعم استرجاع الصورة على أساس المحتوى. لذلك، من المهم أن يستفيد مطورو هذه الأنظمة من التقانات الهادفة إلى تحسين الأداء. لحسن الحظ، هذا مجال بحث نشط، وهناك عدد من التقنيات الناجحة التي جرت الإشارة إليها على نحو مستمر، والتي تحسّن أداء الأنظمة على أساس CBIR. نعرض في هذا المقطع بعض الأمثلة على النتائج التي جرى الحصول عليها باستعمال تقنيات حديثة ونسلط الضوء على أهمية التعامل مع فجوة الأداء باستعمال الأدوات المبيّنة في المقطع 3.

تحسين CBIR من طريق التقطيع وانتقاء القَسَمات

نناقش في هذا المقطع دراسة حالة تستعمل كلاً من تقطيع القسمات وانتقاء القسمات، بواسطة خوارزمية أوميغا (Ribeiro et al. 2008) ، التي وُصفت في المقطع 3.1.3. لقد اختبرنا خوارزمية أوميغا ونبيّن هنا النتائج من مجموعتين معنويتين من المعطيات: مجموعة "Mammogram" ومجموعة "Heterogeneous" اللتين سنعرضهما في ما يلي.

تتكوّن مجموعة معطيات "Mammogram" من 1080 صورة ثدي مجمّعة من المشفى السريري لجامعة ساوباولو في ريبيراو بريتو. إنّها تحتوي على صور مصنّفة بأربعة مستويات لكثافة أنسجة الصدر. في تجاربنا، جرى تمثيل الصور بمجموعة القَسَمات المقترحة في (Kinoshita, Azevedo-Marques, Jr, Rodrigues, and Rangayyan, 2007)، مولّدة متجه قسمات ذا 85 قَسَمَة. المعيار المستعمل لوصف صورة بأنّها ذات صلة هو: إذا كانت الصورة من مستوى الكثافة نفسه أو من مستوى مجاور لمستوى صورة الاستعلام كانت ذات صلة، ولم تكن كذلك في الحالات الأخرى.

وتتكوّن مجموعة معطيات "Heterogeneous" من 704 من الصور الطبية التي حُصل عليها في المشفى نفسها. إنّها تحتوي على ثمانية صفوف من الصور التي حُصل عليها بواسطة التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI). متجه القسمات في حالة مجموعة المعطيات هذه هو نفسه المقترح (Balan, Traina, Traina, and Marques, 2005)، ويضم 30 قَسَمة.

دراسة حالة 1

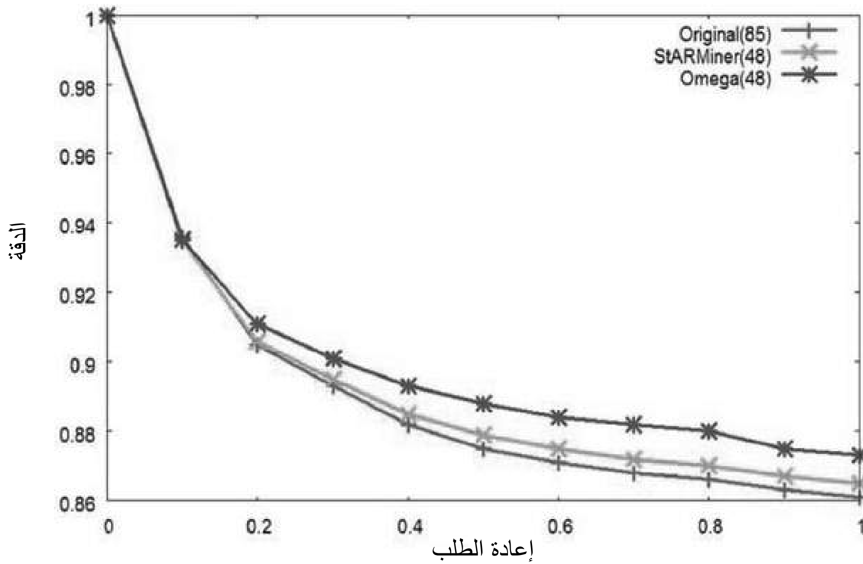
تستعمل دراسة الحالة هذه مجموعة المعطيات Mammogram مقسّمة إلى مجموعة تدريب مكونة من 270 صورة ومجموعة اختبار مكونة من 810 صورة. وبهدف انتقاء القَسَمات الأكثر صلة، نفذّنا خوارزميتي StARMiner وأوميغا. فولّدت العملية 48 قاعدة، أي جرى انتقاء 48 قَسَمة، وهذا ما ولّد اختصاراً بنحو 43% على حجم متجه القَسَمَات. وبهدف الحصول على مُقارنة عادلة ثبّتنا عدد القسمات المنتقاة ليكون 48 في جميع الخوارزميات.

تعتمد مُقاربة معروفة لقياس إمكانية التطبيق لنظام استرجاع على تحليل بيانات الدقّة وإعادة الطلب(Precision and Recall) (P and R) التي تُبنى على نتائج استعلام CBIR. تعطي الدقة نسبة الصور ذات الصلة في النتيجة، وتعطي إعادة الطلب نسبة الصور ذات الصلة التي استُرجعت بالاستعلام، ويعطى كلا المقدارين الدقّة وإعادة الطلب بنسب مئوية. القاعدة عند تحليل بيانات P and R، هي أنّه كلما اقترينا من قمة المنحني كانت تقنية الاسترجاع أفضل. وفي التجارب، طرحنا استعلامات من النمط *k*-NN، آخذين *k* بصفتها قياس مجموعة معطيات الصورة، وآخذين مراكز الاستعلام عشوائية. ورُتّبت الصور في نتائج الاستعلام تبعاً لتشابهها مع مركز الاستعلام.

يعرض الشكل (4) منحنيات الدقة وإعادة لطلب P and R لكل واحدة من الطرائق، بما يشمل المنحني الموافق لاستعمال متجه القسمات الأصلي ذي 85 بُعداً. يمثل كل منحن القيم الوسطية لـ P and R التي حُصِلَ عليها عند إجراء استعلام تشابه على كل صورة من صور مجموعة التدريب.

يُبيّن الشكل 4 أنّ النتائج التي حُصِل عليها باستعمال 48 قَسَمَة، وهو متجه أكثر تراصّاً، أفضل من النتائج التي جرى تحقيقها باستعمال متجه القَسَمات الأصلي المكوّن من 85 قَسَمة. أمّا خوارزمية أوميغا، التي أجرت أيضاً تقطيعاً للقسمات، فقد تفوقت على بقية المُقاربات، ووصلت إلى أعلى درجات الدقة (دوماً أعلى من 88%).

الشكل(4). مقارنة الدقّة وإعادة الطلب المُحقّقين باستعمال القسمات المُنتقاة من أوميغا و StARMiner ومتجه القسمات الأصلي في حالة مجموعة المعطيات Mammogram.



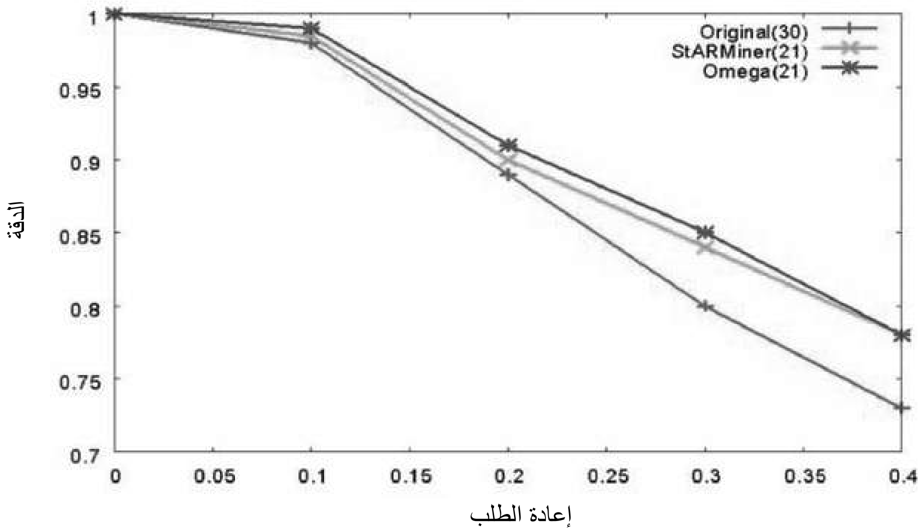
دراسة حالة 2.

أجريت التجربة الثانية باستعمال مجموعة المعطيات (Heterogeneous) مُقسّمة إلى جزء تدريب مكون من 176 صورة وجزءِ اختبارٍ مكون من 528 صورة.

أنتج StARMiner عدداً من القواعد قدره 21 قاعدة، وانتقى 21 قَسمة. وهنا أيضاً ثبّتنا عدد القسمات التي يجب أن يُعيدها أوميغا ليكون 21 بصفتها الأقل تضارباً. خفضت الخوارزميات قياس متجه القَسَمَات بنسبة 30%. ولقد جرت مجدداً مُقارنة متجهات القَسَمَات المولّدة بواسطة StARMiner وأوميغا مع متجهات القسمات الأصلية. النتيجة مبينة في الشكل (5).

تبين المنحنيات في الشكل 5 أن خفض عدد الأبعاد يؤدي إلى تحقيق ربح معنوي بالدقة. وفي حالة المنطقة الموافقة لنحو 30% من إعادة الطلب، وصل الربح بالدقة العائد إلى خفض الأبعاد إلى 4% في حالة StARMiner وإلى 5% في حالة أوميغا. تبين هذه النتائج أنّ لعنة الأبعاد تجعل نتائج الاستعلام حقيقة أسوأ، وأن انتقاء القَسَمات والتقطيع يكوّنان مُقاربة مهمة لتحسين دقّة نظام CBIR.

الشكل (5). مقارنة الدقّة (المحور y) وإعادة الطلب (المحور x) المُحقّقان بين إجابات الاستعلام باستعمال القسمات المُنتقاة من أوميغا و StARMiner ومتجه القسمات الأصلي في حالة مجموعة المعطيات Heterogeneous.



الفهرسة وأمثَلَة الاستعلام

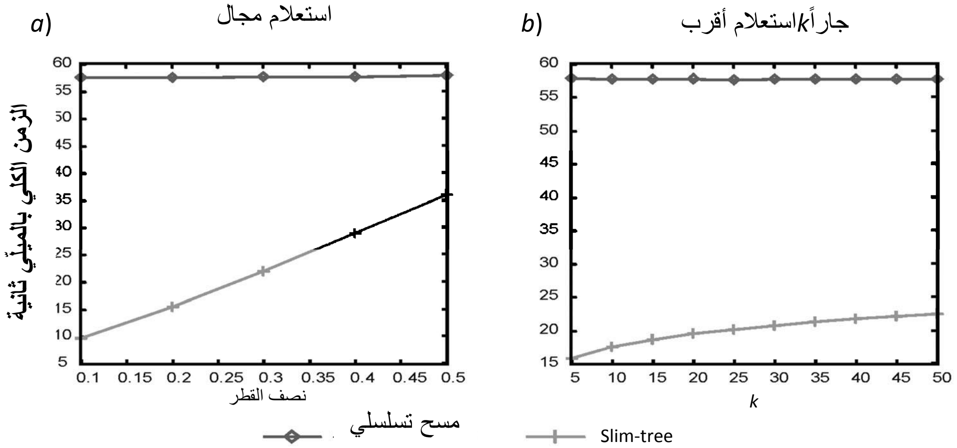
تعتمد أنظمة إدارة قواعد المعطيات التقليدية DBMS اعتماداً كبيراً على فهرسة البنى وعلى تقنيات أمثَلَة الاستعلام لتحقيق ربح كبير في الأداء عند استرجاع معطيات تقليدية. ولقد جرى تطوير بنى لاسترجاع الصور والمعطيات المعقدة، بالإضافة إلى تقنيات لأمْثَلَة الاستعلام، وهي الآن موثوقة بقدر كافٍ لتوضع في الاستعلام الفعلي في أنظمة CBIR. نبين في الشكل 6 تجربة تبين الزمن اللازم لتنفيذ استعلامات تشابه على مجموعة من المعطيات المكونة من صور مفهرسة وفق (Slim-tree) (Traina Jr. et al., 2002)، بالمقارنة مع الزمن اللازم لتنفيذ الاستعلامات نفسها من دون بنية الفهرس، أي من طريق إجراء مسح متتالٍ على كامل مجموعة المعطيات.

أجريت التجارب على مجموعة من 33000 مخطط مستطيلات بدرجات الرمادي (مجموعة معطيات ذات 256 بُعداً) حُصِلَ عليها من صور الأشعة السينية المأخوذة من عدّة مناطق في الجسم. جرى تخزين المخططات على قرص كملّفٍ تسلسلي، وفي Slim-tree. يبين الشكل **6(a)** الزمن الكلي اللازم لإجراء 500 استعلام بمجال لكلّ نصف قطر مقيّم، ويبين الشكل **6(b)** الزمن الكلي اللازم لإجراء 500 استعلام من نوع أقرب *k* جاراً عند كل قيمة للعدد *k*. وكما يمكن أن نرى، فإنّ الزمن اللازم لتنفيذ أي استعلام باستعمال المسح التسلسلي هو نفسه دوماً، إذ يجب دوماً قراءة كامل مجموعة المخططات للعثور على الإجابة الصحيحة. ومن ناحية أخرى، فإنّ الزمن اللازم لإجراء استعلام على Slim-tree هو دوماً أصغر بشكل ملموس. بالنظر إلى استعلامات المجال، الزمن الوسطي لتنفيذ استعلام يسترجع الصور القريبة من مركزه وتبعد عنه مسافة أصغر من 0.2، ما يوافق نحو 30 صورة وسطياً، هو نحو 30 ميلّي ثانية باستعمال Slim-tree، وهذا أسرع بأربع مرات من الـ 116 ميلّي ثانية اللازمة للمسح التسلسلي. وحتى في حالة نصف القطر 0.5 الذي يسترجع 1200 صورة وسطياً، يبقى Slim-tree أسرع بنحو مرتين من المسح

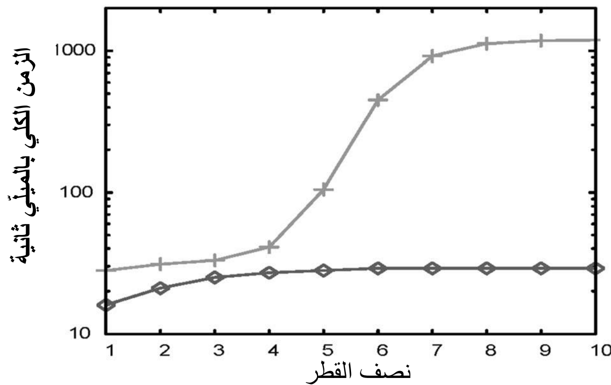
التسلسلي. أمّا في حالة الاستعلام عن أقرب k جار، فنجد أنّ Slim-tree أسرع بثلاث إلى ست مرات، عند إجراء استعلامات تتطلب من 5 إلى 50 جاراً قريباً. وهكذا يمكننا القول إنّ استعمال بنية فهرسة أمرٌ مهم لتضييق فجوة الأداء لأي نوع من الاستعلام.

إنّ أمثَلَةَ الاستعلام تقنيةٌ تستحق أن تُستعمل لتحسين أداء النظام أكثر. ولتوضيح هذه النقطة، يبين الشكل 7 مثالاً على استعلامات تطلب أقرب k جاراً لمركز معطى، والتي ليست أبعد من قيمة معطاة، في قاعدة معطيات فيها 79000 عنصراً. ومع أنه تمكن الإجابة عن هذا الاستعلام عبر تقاطع استعلام من نوع أقرب k جاراً واستعلام من نوع المجال، ولكن حساب الشرطين في مرور واحد على مجموعة المعطيات كاملة قادرٌ على تحسين زمن التنفيذ تحسيناً جوهرياً. في الحقيقة، لمّا كانت بنية الفهرسة توفر إمكانية تقليم بعض الأشجار الجزئيّة، فإنّ حساب الشرطين معاً يتطلب دوماً زمناً أقل من إجراء تقييم للشرط المركّب على التتالي. توفّر تقنيات إعادة كتابة الاستعلام طرائق فعلية لإنشاء جسور تسمح بالتغلب على فجوة الأداء المقترنة بالإجابة عن الاستعلامات المعقّدة. (Mônica Ribeiro Porto Ferreiraet al., 2010; Monica Ribeiro Porto Ferreira et al., 2009; C. Traina, Jr. et al., 2006).

الشكل 6. مقارنة Slim-tree والمسح التسلسلي لتنفيذ (a) استعلام مجال و (b) استعلام أقرب k جاراً على مجموعة مكونة من مكونة من 33000 مخطط مستطيلات بدرجات الرمادي لصور أشعة سينية. القياسات توفق الأزمنة لإجراء 500 استعلام تشابه.



الشكل 7. الزمن الكلي (بالثواني) لإجابة 500 استعلام عن أقرب k جاراً لمركز معطى دون أن يكون أي منها أبعد من مقدار محدد معطى. مقارنة الزمن اللازم لتنفيذ البحثين معاً ثُم حساب التقاطع (—+—) بالزمن اللازم لتنفيذ الاستعلام المركّب بعد إعادة كتابته (—◇—).



النتيجة

في بعض الأحيان تبتعد التطبيقات عن رغبات المستعمل بأساليب مختلفة، وهذا ما يسبب فجوات بين ما يتوقع المستعملون الحصول عليه وما يمكن للنظام أن يقدمه لهم فعلياً. بالنظر إلى هذا الجانب، أكثر الفجوات التي نوقشت هي تلك المتعلّقة بالفجوة الدلالية، ولكن الفجوة الأخرى مهمة بالقدر نفسه. لقد ناقشنا في هذا الفصل عدة قضايا متعلقة بفجوة الأداء القائمة في أنظمة CBIR. إنها تشير إلى التباعد بين ما يتوقعه المستعملون وما يمكن للنظام أن يقدمه في ما يتعلق بنماذج التمثيل واللغات للتعبير عن الاستعلامات وتمحيصها؛ وبالاستعمال الفعلي للموارد المتوافرة، والزمن اللازم للإجابة عن استعلام والذاكرة اللازمة لتخزين المعطيات؛ بالإضافة إلى التكامل مع المرافق الأخرى في المركز الصحي، بما يشمل الأنظمة البرمجية الأخرى وتجهيزات التصوير.

لقد عرضنا بنية عامّة لأنظمة CBIR، وناقشنا المشاكل الرئيسية في هذه الأنظمة التي تعود إلى الأوجه المختلفة لفجوة الأداء، وبيّنّا لماذا تقع المشاكل، والاتجاهات التي نجد فيها الحلول. ثُمّ عرضنا بعدئذ بعضاً من أهم التقنيات التي تطوَّر لتضييق فجوة الأداء، مثل تقنيات انتقاء القَسَمات، وخفض عدد أبعاد فضاء متجهات القسمات التي تمثّل الصور في نظام CBIR، وطرائق النفاذ الفاعلة التي تطوّر لفهرسة مجموعات ضخمة من الصور، وتقنيات أَمثَلَة الاستعلامات التي تُستعمل لإعادة كتابة استعلامات التشابه، ما يجعل المعالجة أسرع.

وأخيراً لقد بيّنّا أنه على الرغم من الفجوات المتعددة التي يمكن أن تُفسِد أداء أنظمة CBIR، ولكنها الآن أسرع ومن الوثوقية بحيث يمكن استعمالها كأنظمة منتجة في الروتين السريري اليومي. في الحقيقة، هناك العديد من التقنيات التي يمكن أن تقود إلى تشغيل مُنتِج ومفيد للنظام. وكما شرحنا في المقطع 4، يستفيد تطوير أنظمة CBIR من التقنيات الموجودة لتحسين أداء النظام، متيحاً للمستعملين الحصول على الصور

المقصودة، والحصول على خبرة ممتعة عند سؤال النظام أن يسترجع صوراً اعتماداً على محتواها.

شكر

تلقى هذا البحث الدعم من (Sao Paulo State Research Foundation)، ومن مجموعة (Reasearch (Microsoft، ومن المجلس الوطني للتطوير العلمي والتقاني (CNPq) ومن وكالة التمويل البرازيلية الاتحادية لتحسين التعليم العالي CAPES.

المراجع

Aggarwal, C. C., and Yu, P. S. (2002). Redefining clustering for high-dimensional applications.[TKDE]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 14(2), 210–225. doi:10.1109/69.991713

Almeida, J., Valle, E., Torres, R., and Leite, N. (2010). DAHC-tree: An effective index for approximate search in high-dimensional metric spaces. *Journal of Information and Data Management - JIDM*, 1(3), 375-390.

Balan, A. G. R., Traina, A. J. M., Traina, C., Jr., and Marques, P. M. A. (2005). *Fractal analysis of image textures for indexing and retrieval by content*. Paper presented at the 18th IEEE Intl. Symposium on Computer-Based Medical Systems - CBMS, Dublin, Ireland.

Barioni, M. C. N., Kaster, D. S., Razente, H. L., Traina, A. J. M., and Traina, C. Jr. (2010). Querying multimedia data by similarity in relational DBMS. In Yan, L., and Ma, Z. (Eds.), *Advanced database query systems: Techniques, applications and technologies* (p. 34). Hershey, PA: IGI Global.

Barioni, M. C. N., Razente, H. L., Traina, A. J. M., and Traina, C., Jr. (2006). SIREN: A similarity retrieval engine for complex data. Paper presented at the Demo section of the 32nd Intl Conference on Very Large Data Bases (VLDB 06), Seoul, South Korea.

Barioni, M. C. N., Razente, H. L., Traina, A. J. M., and Traina, C. Jr. (2008). Accelerating k-medoidbased algorithms through metric access methods. [JSS]. *Journal of Systems and Software*, 81(3), 343–355. doi:10.1016/ j.jss.2007.06.019

Barioni, M. C. N., Razente, H. L., Traina, A. J. M., and Traina, C. Jr. (2009). Seamlessly integrating similarity queries in SQL. *Software, Practice and Experience*, 39(4), 355–384. doi:10.1002/spe.898

Berchtold, S., Keim, D. A., and Kriegel, H.-P. (1996). *The X-tree: An index structure for highdimensional data*. Paper presented at the International Conference on Very Large Databases (VLDB), Bombay, India.

Beyer, K., Godstein, J., Ramakrishnan, R., and Shaft, U. (1999). *When is "nearest neighbor " meaningful?* Paper presented at the International Conference on Database Theory (ICDT), Jerusalem

Blum, A. L., and Langley, P. (1997). Selection of relevant features and examples in machine learning. *Artificial Intelligence*, 97, 245–271. doi:10.1016/S0004-3702(97)00063-5

Carelo, C. C. M., Pola, I. R. V., Ciferri, R. R., Traina, A. J. M., Traina, C. Jr, and Ciferri, C. D. A. (2011). Slicing the metric space to provide quick indexing of complex data in the main memory. [ISJ]. *Information Systems Journal*, 36(1).

Chatzopoulou, G., Eirinaki, M., and Polyzotis, N. (2009). *Query recommendations for interactive database exploration*. Paper presented at the 21st International Conference on Scientific and Statistical Database Management, SSDBM 2009, New Orleans, LA.

Ciaccia, P., Patella, M., and Zezula, P. (1997). *Mtree: An efficient access method for similarity search in metric spaces*. Paper presented at the International Conference on Very Large Databases (VLDB), Athens, Greece.

Cordeiro, R. L. F., Guo, F., Haverkamp, D. S., Horne, J. H., Hughes, E. K., Kim, G., et al. (2010). *QMAS: Querying, mining and summarization of multi-modal databases*. Paper presented at the 10th IEEE International Conference on Data Mining, Sydney, Australia.

Cordeiro, R. L. F., Traina, A. J. M., Faloutsos, C., and Traina, C., Jr. (2010). *Finding clusters in subspaces of very large, multi-dimensional datasets*. Paper presented at the 26th IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE 2010), Long Beach, California.

Dash, M., Liu, H., and Yao, J. (1997). *Dimensionality reduction of unsupervised data*. CA: Newport Beach.

Datta, R., Joshi, D., Li, J., and Wang, J. Z. (2008). Image retrieval: Ideas, influences and trends of the new age. *ACM Computing Surveys*, 40(2), 5.1-5.60.

Deselaers, T., Keysers, D., and Ney, H. (2008). Features for image retrieval: An experimental comparison. *Information Retrieval*, 11(22), 77–107. doi:10.1007/s10791-007-9039-3

Deserno, T. M., Antani, S., and Long, R. (2008). Ontology of gaps in content-based image retrieval. *Springer Journal of Digital Imaging*, 22(2), 202–215. doi:10.1007/s10278-007-9092-x

Domeniconi, C., Gunopulos, D., Ma, S., Yan, B., Al-Razgan, M., and Papadopoulos, D. (2007). Locally adaptive metrics for clustering high dimensional data. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 14(1), 63–97. doi:10.1007/s10618-006-0060-8

Fan, J., Gao, Y., Luo, H., and Jain, R. (2008). Mining multilevel image semantics via hierarchical classification. *IEEE Transactions on Multimedia*, 10(2), 167–187. doi:10.1109/TMM.2007.911775

Ferreira, C. D., Torres, R. S., Gonçalves, M. A., and Fan, W. (2008). *Image retrieval with relevance feedback based on genetic programming*. Paper presented at the XXIV Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, Campinas, SP

Ferreira, M. R. P., Ponciano da Silva, M., Traina, A. J. M., Traina, C., Jr., Amo, S. A. d., Pereira, F. S. F., et al. (2010). *Integrating user preference to similarity queries over medical images datasets*. Paper presented at the International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2010), Perth, Australia.

Ferreira, M. R. P., Traina, A. J. M., Dias, I.,Chbeir, R., and Traina, C., Jr. (2009). *Identifying algebraic properties to support optimization of unary*

similarity queries. Paper presented at the The III Alberto Mendelzon International Workshop on Foundations of Data Management, Arequipa, Peru.

Guliato, D., Melo, E. V. d., Rangayyan, R. M., and Soares, R. C. (2009). PostgreSQL-IE: An imagehandling extension for PostgreSQL. *Journal of Digital Imaging*, 22(2), 149–165. doi:10.1007/s10278-007-9097-5

Guttman, A. (1984). *R-Tree: A dynamic index structure for spatial searching*. Paper presented at the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, Boston, MA.

Hare, J. S., Sinclair, P. A. S., Lewis, P. H., Martinez, K., Enser, P. G. B., and Sandom, C. J. (2006). *Bridging the semantic gap in multimedia information retrieval: top-down and bottom-up approaches.* 3rd European Semantic Web Conference (ESWC-06) (pp. 1-15). Budva, Montenegro: Springer Verlag.

Hauptmann, A. G., Yan, R., and Lin, W.-H. (2007). *How many high-level concepts will fill the semantic gap in news video retrieval?* Paper presented at the 6th ACM International Conference on Image and Video Retrieval (CIVR), Amsterdam, The Netherlands.

Houle, M. E., Kriegel, H.-P., Kröger, P., Schubert, E., and Zimek, A. (2009). *Can shared-neighbor distances defeat the curse of dimensionality?* Paper presented at the Scientific and Statistical Database Management (SSDBM), Heidelberg, Germany.

Huiskes, M. J., Thomee, B., and Lew, M. S. (2010). *New trends and ideas in visual concept detection: The MIR Flickr retrieval evaluation initiative*. Paper presented at the ACM International Conference on Multimedia Information Retrieval, Philadelphia, PA.

Hyvärinen, A., and Oja, E. (2000). Independent component analysis: algorithms and applications. *Neural Networks*, 13(4-5), 411–430. doi:10.1016/ S0893-6080(00)00026-5

Jebara, T., and Jaakola, T. (2000). *Feature selection and dualities in maximum entropy discrimination*. Paper presented at the The Sixteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence - UAI-2000, Stanford, CA.

Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis* (2nd ed.). Springer.

Jung, B. (2005). *DICOM-X — Seamless integration of medical images into the EHR*. Paper presented at the 18th IEEE Symposium Computer- Based Medical Systems (CBMS), Dublin, Ireland.

Kaster, D. S., Bueno, R., Bugatti, P. H., Traina, A.J. M., and Traina, C., Jr. (2009). *Incorporating metric access methods for similarity searching on Oracle database*. Paper presented at the 24º Simpósio Brasileiro de Bases de Dados (SBBD´09), Applications and Experiences Track, Fortaleza, CE.

Kaster, D. d. S., Bugatti, P. H., Traina, A. J. M., and Traina, C., Jr. (2010). FMI-SiR: A flexible and efficient module for similarity searching on Oracle database. *Journal of Information and Data Management - JIDM*, 1(2), 229-244.

Katayama, N., and Satoh, S. (2001). *Distinctiveness sensitive nearest-neighbor search for efficient similarity retrieval of multimedia information*. Paper presented at the IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE), Heidelberg, Germany.

Kinoshita, S. K., and Azevedo-Marques, P. M. d. Jr, R. R. P., Rodrigues, J. A. H., and Rangayyan, R. M. (2007). Content-based retrieval of mammograms using visual features related to breast density patterns. *Journal of Digital Imaging*, 20(2), 172–190. doi:10.1007/s10278-007-9004-0

Korn, F., Jagadish, H. V., and Faloutsos, C. (1997). *Efficiently supporting ad hoc queries in large datasets of time sequences*. Paper presented at the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, Tucson, AZ.

Korn, F., Pagel, B.-U., and Faloutsos, C. (2001). On the "dimensionality curse" and the "self-similarity blessing." [TKDE]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 13(1), 96–111. doi:10.1109/69.908983

Kosch, H. (2003). *Multimedia database management systems: Indexing, access, and MPEG-7*. CRC Press.

Kriegel, H.-P., Kröger, P., and Zimek, A. (2009a). Clustering high-dimensional data: A survey on subspace clustering, pattern-based clustering, and correlation clustering. [TKDD]. *Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 3(1), 2–57.

Kriegel, H.-P., Kröger, P., and Zimek, A. (2009b). Clustering high-dimensional data: A survey on subspace clustering, pattern-based clustering, and correlation clusterng. [TKDD]. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 3(1), 1–58. doi:10.1145/1497577.1497578

Lew, M. S., Sebe, N., Djeraba, C., and Jain, R. (2006). Content-based multimedia information retrieval: State of the art and challenges. *ACM Transactions on Multimedia Computing*, *Communications and Applications*, 2(1), 1–19.

Liu, H., and Yu, L. (2005). Toward integrating feature selection algorithms for classification and clustering. [TKDE]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 17(4),491–502. doi:10.1109/TKDE.2005.66

Lu, J., Zhao, T., and Zhang, Y. (2008). Feature selection based-on genetic algorithm for image annotation. *Knowledge-Based Systems*, 21(8), 887–891. doi:10.1016/j.knosys.2008.03.051

Malik, R., Kim, S., Jin, X., Ramachandran, C., Han, J., Gupta, I., et al. (2009). *MLR-Index: An index structure for fast and scalable similarity search in high dimensions*. Paper presented at the 21st International Conference on Scientific and Statistical Database Management, SSDBM 2009, New Orleans, LA.

Moise, G., Sander, J., and Ester, M. (2008). *Robust projected clustering. Knowledge and Information Systems*, 14(3), 273–298. doi:10.1007/s10115-007-0090-6

Molina, L. C., Belanche, L., and Nebot, A. (2002). *Feature selection algorithms: A survey and experimental evaluation*. Paper presented at the IEEE International Conference on Data Mining (ICDM), Maebashi City, Japan.

Müller, E., Assent, I., and Seidl, T. (2009). *HSM: Heterogeneous subspace mining in high dimensional data*. Paper presented at the 21st International Conference on Scientific and Statistical Database Management, SSDBM 2009, New Orleans, LA.

Müller, H., Michoux, N., Bandon, D., and Geissbuhler, A. (2004). A review of content-based image retrieval systems in medical applications-Clinical benefits

and future directions. *International Journal of Medical Informatics*, 73(1), 1–23. doi:10.1016/j.ijmedinf.2003.11.024

NEMA. (1999). *Digital imaging and communications in medicine (DICOM)*. ([]: NEMA.]. *NEMA Standards Publication No., PS3*, x.

Névéol, A., Deserno, T. M., Darmoni, S. J., Güld, M. O., and Aronson, A. R. (2009). Natural language processing versus content-based image analysis for medical document retrieval. [JASIST]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(1), 123–134. doi:10.1002/asi.20955

Ng, E. K. K., Fu, A. W.-c., and Wong, R. C.-W.(2005). Projective clustering by histograms. [TKDE]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 17(3), 369–383. doi:10.1109/TKDE.2005.47

Pare, G., Aubry, D., Lepanto, L., and Sicotte, C. (2005). *Evaluating PACS success: A multidimensional model*. Paper presented at the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'05) - Track 6, Big Island, HI, USA.

Pola, I. R. V., Traina, A. J. M., and Traina, C., Jr. (2009). *Easing the dimensionality curse by stretching metric spaces*. Paper presented at the 21st International Conference on Scientific and Statistical Database Management, SSDBM 2009, New Orleans, LA.

Rahman, M. M., Antani, S., and Thoma, G. R. (2010). *Biomedical image retrieval in a fuzzy feature space with affine region detection and vector quantization of a scale-invariant descriptor*. Paper presented at the 6th International Symposium on Advances in Visual Computing (ISVC), Las Vegas, USA.

Razente, H. L., Barioni, M. C. N., Traina, A. J. M., Faloutsos, C., and Traina, C., Jr. (2008). *A novel optimization approach to efficiently process aggregate similarity queries in MAM*. Paper presented at the ACM 17th International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 08), Napa Valley, CA.

Razente, H. L., Barioni, M. C. N., Traina, A. J. M., and Traina, C., Jr. (2008). *Aggregate similarity queries in relevance feedback methods for content-based*

image retrieval. Paper presented at the 23rd Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC2008), Fortaleza, Ceará - Brazil.

Ribeiro, M. X., Balan, A. G. R., Felipe, J. C., Traina, A. J. M., and Traina, C. Jr. (2009). Mining statistical association rules to select the most relevant medical image features. In Zighed, D. A.,Tsumoto, S., Ras, Z. W., and Hacid, H. (Eds.), *Mining complex data* (Vol. 165, pp. 113–131). Berlin/ Heidelberg, Germany: Springer. doi:10.1007/978-3-540-88067-7_7

Ribeiro, M. X., Bugatti, P. H., Traina, A. J. M., Traina, C., Jr., Marques, P. M. d. A., and Rosa, N. A. (2009). Supporting content-based image retrieval and computer-aided diagnosis systems with association rule-based techniques. *Data and Knowledge Engineering, Special issue on Knowledge Discovery in Medicine*, 68(12).

Ribeiro, M. X., Ferreira, M. R. P., Traina, C., Jr., and Traina, A. J. M. (2008). *Data pre-processing: A new algorithm for feature selection and data discretization*. Paper presented at the Fifth International Conference on Soft Computing as Transdisciplinary Science and Technology (ACM/ IEEE CSTST 2008), Cergy-Pontoise/Paris-France.

Rosa, N. A., Felipe, J. C., Traina, A. J. M., Traina, A. J. M., Rangayyan, R. M., and Marques, P. M. A. (2008). *Using relevance feedback to reduce the semantic gap in content-based image retrieval of mammographic masses*. Paper presented at the 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2008), Vancouver, BC, Canada.

Rosa, N. A., Marques, P. M. A., Traina, C., Jr., and Traina, A. J. M. (2007). *Interface for assisted structured reporting in mammography with CBIR integrated*. Paper presented at the Society for Imaging Informatics in Medicine Annual Meeting (SIIM 2007), Providence, Rhode Island.

Sakai, S., Yabuuchi, H., Matsuo, Y., Okafuji, T., Kamitani, T., and Honda, H. (2008). Integration of temporal subtraction and nodule detection system for digital chest radiographs into picture archiving and communication system (PACS): Four-year experience. *Journal of Digital Imaging*, 21(1), 91–98. doi:10.1007/s10278-007-9014-y

Santos Filho, R. F., Traina, A. J. M., Traina, C., Jr., and Faloutsos, C. (2001). *Similarity search without tears: The OMNI family of all-purpose access methods*. Paper presented at the IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE), Heidelberg, Germany.

Savia, E., Puolamäki, K., and Kaski, S. (2009). Latent grouping models for user preference prediction. *Machine Learning*, 74(1), 75–109. doi:10.1007/s10994-008-5081-7

Sears, R., Ingen, C. V., and Gray, J. (2006). *To BLOB or not to BLOB: Large object storage in a database or a filesystem?* (*Technical report).* Redmond, WA: Microsoft Research, Microsoft Corporation.

Shoshani, A., Bernardo, L. M., Nordberg, H., Rotem, D., and Sim, A. (1999). *Multidimensional indexing and query coordination for tertiary storage management*. Paper presented at the 11th International Conference on Scientific and Statistical Database Management, Cleveland, Ohio.

Silva, S. F. d., Traina, A. J. M., and Traina, C., Jr. (2009). *Ranking functions to improve genetic feature selection in content-based image retrieval of mammograms*. Paper presented at the 22th IEEE Intl. Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2009), Albuquerque, NM, EUA.

Skopal, T., and Lokoc, J. (2009). New dynamic construction techniques for M-tree. *Journal of Discrete Algorithms*, 7(1), 62–77. doi:10.1016/j.jda.2008.09.013

Sousa, E. P. M. d., Traina, C. Jr, Traina, A. J. M., Wu, L., and Faloutsos, C. (2007). A fast and effective method to find correlations among attributes in databases. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 14(3), 367–407. doi:10.1007/s10618-006-0056-4

Stoian, A., Ivan, R., Stoian, I., and Marichescu, A. (2008). *Current trends in medical imaging acquisition and communication*. Paper presented at the 2008 IEEE Intl. Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, Cluj-Napoca, Romania.

Tekli, J., Chbeir, R., and Yétongnon, K. (2009). An overview on XML similarity: Background, current trends and future directions. *Computer Science Review*, 3(3), 151–173. doi:10.1016/j.cosrev.2009.03.001

Thonangi, R., He, H., Doan, A., Wang, H., and Yang, J. (2009). *Weighted proximity best-joins for information retrieval*. Paper presented at the IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE), Shanghai, China.

Traina, A. J. M., Rosa, N. A., and Traina, C., Jr. (2003). *Integrating images to patient electronic medical records through content-based retrieval techniques*. Paper presented at the 16th IEEE Symposium on Computer-based Medical Systems, New York.

Traina, C. Jr, Santos Filho, R. F., Traina, A. J. M., Vieira, M. R., and Faloutsos, C. (2007). The OMNI-family of all-purpose access methods: A simple and effective way to make similarity search more efficient. *The International Journal on Very Large Databases*, 16(4), 483–505. doi:10.1007/s00778-005-0178-0

Traina, C. Jr, Traina, A. J. M., Faloutsos, C., and Seeger, B. (2002). Fast indexing and visualization of metric datasets using slim-trees. [TKDE]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 14(2), 244–260. doi:10.1109/69.991715

Traina, C., Jr., Traina, A. J. M., Seeger, B., and Faloutsos, C. (2000). *Slim-trees: High performance metric trees minimizing overlap between nodes*. Paper presented at the International Conference on Extending Database Technology (EDBT), Konstanz, Germany.

Traina, C., Jr., Traina, A. J. M., Vieira, M. R., Arantes, A. S., and Faloutsos, C. (2006). *Efficient processing of complex similarity queries in RDBMS through query rewriting*. Paper presented at the ACM 15th International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 06), Arlington - VA, USA.

Traina, C. Jr, Traina, A. J. M., Wu, L., and Faloutsos, C. (2010). Fast feature selection using fractal dimension. [JIDM]. *Journal of Information and Data Management*, 1(1), 3–16.

Vafaie, H., and Jong, K. A. D. (1993). *Robust feature selection algorithms*. Paper presented at the Intl.Conf. on Tools with AI, Boston, MA.

Venkateswaran, J., Kahveci, T., Jermaine, C., and Lachwani, D. (2009). Reference-based indexing for metric spaces with costly distance measures. *The*

International Journal on Very Large Databases, 17(5), 1231–1251. doi:10.1007/s00778- 007-0062-1

Vespa, T. G., Traina, A. J. M., and Traina, C. Jr. (2010). Efficient bulk-loading on dynamic metric access methods. [ISJ]. *Information Systems Journal*, 35(5), 557–569. doi:10.1016/j.is.2009.07.002

Vieira, M. R., Traina, C., Jr., Chino, F. J. T., and Traina, A. J. M. (2010). DBM-Tree: A dynamic metric access method sensitive to local density data. *Journal of Information and Data Management - JIDM*, 1(1), 111-128.

Vieira, M. R., Traina, C., Jr., Traina, A. J. M., Arantes, A. S., and Faloutsos, C. (2007). *Estimating suitable query radii to boost k-nearest neighbour queries*. Paper presented at the 19th International Conference on Scientific and Statistical Database Management (SSDBM 2007), Banff, Canada.

Wichert, A. (2008). *Subspace indexing for extremely high-dimensional CBIR*. Paper presented at the Intl. Workshop on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI 2008), London, England.

Xin, D., Chen, C., and Han, J. (2006). *Towards robust indexing for ranked queries*. Paper presented at the Intl Conference on Very Large Data Bases (VLDB 06), Seoul, South Korea.

Yu, X., and Dong, J. (2010). Indexing highdimensional data for main-memory similarity search. [ISJ]. *Information Systems Journal*, 35(7), 825–843. doi:10.1016/j.is.2010.05.001

الفصل الخامس

إعادة النظر في فجوة القسمات والمحتوى للاسترجاع على أساس المَعْلَم والصورة لصورة في CBIR الطبي

هاييت غرينسبان

ملخص

تحتمل عملية استرجاع الصور الطبية على أساس المحتوى عدّة سيناريوهات ممكنة. يرتبط أحد السيناريوهات بالاسترجاع على أساس المعالم. في هذا السيناريو، يجري استخلاص جذور كمية للصورة من محتوى الصورة، في مرحلة معالجة سابقة وموسعة، تُستعمل بعدئذ هذه المقادير بصفتها معطيات مترفّعة في الأرشيف، استعداداً لأي بحث مستقبلي. وهناك سيناريو آخر يكون المطلوب فيه إجراء مطابقة لصورة مع صورة. في هذا السيناريو، دخْل الاستعلام هو صورة أو جزء منها، ويجري البحث على مستوى الصورة. في هذا البحث نستعرض كلا سيناريوهَي الاسترجاع عبر أمثلة على أنظمة طُوّرت حديثاً في مخبرنا. نصف مثالاً على استرجاع الصورة بالمَعْلَم لأبحاث سرطان عنق الرحم على أساس تعاون قائم مع المعهد الوطني للسرطان **(NCI)** والمكتبة الوطنية للطب **(NLM)** في **NIH**، والهدف من النظام هو تسهيل التدريب والبحث عبر أرشيف كبير من صور عنق الرحم.

تعريف مهمة استرجاع الصورة

يتعامل استرجاع الصورة الطبية على أساس المحتوى CBIR مع استرجاع معلومات مرئية من الصور الطبية. وللحصول على نظرة شاملة عن دور CBIR في استرجاع المعلومات الطبية والأنظمة الصحية مثل أنظمة الاتصال وأرشفة الصور (PACS)، انظر (Smeulders, Worring, Santini, Gupta and Jain, 2000;) (Müller, Michoux, Bandon, and Geissbühler, 2004;) (Lehmann, Antani, and Long, 2004;). نُركّز في هذه الورقة على مهام الاسترجاع المرئي. هناك سيناريو استرجاع مهم تكون فيه موسطات كميّة موضع الاهتمام. الأمثلة تشمل: "استرجاع جميع الصور من الأرشيف التي تحتوي على أكثر من 10% من فئة أنسجة معطاة" و"استرجاع جميع الصور التي تمتلك تضيقاً يزيد عن 70%". لمثل أهداف الاسترجاع هذه، يحتاج محتوى الصورة للتحليل والمعالجة بهدف استخلاص معطيات مترقّعة كميّة ذات أهمية. ما إن تُستَخلَص الموسطات الكمية، حتّى تصبح مهام الفهرسة والبحث مرتبطة عن قرب بعمليات البحث النصي مباشرةً. معالم الصورة هي قَسَمات عالية المستوى تضم محتوى الصورة، ويمكن ترجمة هذه القَسَمات إلى فهارس نصّية لإجراء عملية بحث عالية المستوى. الاستعلام عنها يكون نصياً أيضاً، متضمّناً موصّفاً ومقدار أهمية. لا يكمن التحدي الرئيسي في الاسترجاع على أساس معالم الصور في عمليات البحث، بل في فهرسة محتوى الصورة وتخزينه بصيغة معطيات مترقّعة، إلى جانب معطيات الصورة. إنّ هذه الفهرسة ممكنة يدوياً، ولكنها تتطلب قدراً كبيراً من الزمن، وهي من ثَمّ مُكلفة جداً، طاقةً وساعات عمل. أمّا في حالة خطط الفهرَسَة المؤتمتة، فالتحدي يكمن في اكتشاف الصورة وتقطيعها وتكميم محتواها آلياً في مجموعة سابقة التعريف من المعالم. ويجب تطوير الأدوات اللازمة للتعامل مع كل مَعْلَم بعينه. وفي مجال الصور الطبية، يجب إقحام مجال المعرفة الصريح للخبير بصفته معلومةً سابقةً يمكنها تسهيل المهمة، من طريق توفير قيود تشريحية على التوزيع المكاني والحجوم وغير ذلك.

وفي سيناريو استرجاع ثانٍ، الاستعلامُ نفسه هو صورة، والمهمة هي إيجاد صور مُشابهة في قاعدة المعطيات. غالباً ما تطلق على مهمة الاسترجاع هذه تسمية "الاستعلام صورة لصورة" أو"الاستعلام بمثال ". ويكون خَرْج هذه المهمة مجموعة مرتبة من الصور وفقَ درجة تشابهها مع صورة الدخل. هناك، في حالة مقارنة صورتين، مكوّنان أساسيان يجب التعرض لهما: القسمات المُمثِّلة للصورة، والمقاييس المستعملة لترتيب الصور. يمكن لاستخلاص القسمات أن يُتابَع في عدّة مستويات من الأتمتة، بدءاً من الاستخلاص اليدوي كلياً وصولاً إلى الأتمتة الكاملة (Deserno, Antani and Long, 2008). يمكن للإجرائية اليدوية أن تتطلب الكثير من الجهد وهي عرضة للخطأ، ومع هذا يمكن للأنظمة التي تمكّن من التدخل اليدوي أن تكون قادرة على استخلاص قدر أكبر من مميزات الصورة العالية المستوى والمعالم، التي هي أجزاء مفتاحية من الاسترجاع على أساس المعالم. أمّا الأنظمة المؤتمتة كلياً التي تتعامل مع القَسَمات فتحتاج إلى عدة مستويات من الحبيبيّة في تمثيل الصورة، من التمثيل الشامل إلى التمثيل الأكثر موضعيّة. هذا معرّف في (Deserno et al., 2008) بصفته فجوة البنية، أو فجوة القسمات. الموسطات الشاملة التي تصف صورة بالكامل، مثل مخططات درجات الرمادي، غالباً ما تكون غير كافية للتطبيقات الطبية. يمكن استخلاص قَسَمات أكثر موضعية لمناطق موضوع الاهتمام (Regions-of-interest) (ROI). مثل مقياييس اللون والبنية المحسوبة من مناطق معيّنة من النسج. وقد تكون هناك حاجة لقَسَمَات إضافية لدعم المعلومات المكانية بدءاً من إحداثيات بكسل بعينها إلى القسمات العلاقاتيّة التي تعرّف توزّع عدة مناطق أو أشياء ضمن الصورة.

يمثّل السيناريوهان المذكوران أعلاه ما يمكن أن يُطلق عليه اسم "فجوة محتوى الصورة ": فبالرغم من أنّ استرجاع موسطات كمية أمرٌ مهم جداً في العديد من مجالات التطبيق، يبقى الاستخلاص المؤتمت للموسطات المرئية من صورة الدخل، بدرجة عالية من الدقة والثقة، موضوعاً غير محلولٍ في مجال معالجة الصورة. النقطة المفتاحية هي الحاجة إلى تقطيع مؤتمت، وهو مجال مطروح منذ سنوات ولا يزال يمثل التحدي النهائي.

إنّ الاسترجاع على أساس تشابه الصورة الشاملة هو مجال أقرب إلى الحل، مع توفر العديد من قَسَمات الصور ومقاييس التشابه التي اختُبِرَتْ حتى الآن. لقد عرضت الأبحاث الحديثة قدرات قوية في تصنيف الصور واسترجاعها باستعمال أراشيف ضخمة من الصور الطبية. تتطور التقانة بسرعة في هذا المجال. ولكن الفجوة هي في التطبيقات الطبية الحاجة. يتفق المصورون الشعاعيون الطبيّون وغيرهم من الخبراء في المجال الطبي أنّ النتائج تبدو مثيرة للاهتمام، ولكنه من غير الواضح أين ستستعمل هذه التقانة.

في هذا العمل، سنلقي نظرة شاملة مُلخّصة على هاتين الفجوتين، فجوة القَسَمات وفجوة المحتوى، من خلال مثالين على هذه الأنظمة. في المقطع II (الاسترجاع على أساس معالم الصورة) سنصف مثالاً على مهمة استرجاع معلم صورة. تتعامل هذه الدراسة مع تحديات البحث والتدريب المتعلقة بسرطان عنق الرحم. يُركز المقطع III (الاسترجاع صورة لصورة) على سيناريو الاسترجاع صورة لصورة، وسنصف إطار العمل GMM-KL بصفته نظاماً خاصاً في هذا المجال. وسنجد في المقطع IV (التوجهات المستقبلية: توسيع فضاء القسمات والمحتوى) مناقشةَ اتجاهات الأبحاث البازغة، التي تشمل استعمال مناطق موضعية صغيرة، أو "رُقع" في تمثيل الصور والمقارنات، بالإضافة إلى الانتقال من مقارنة الصور كاملة إلى البحث عن المناطق موضوع الاهتمام، ونختم هذا العمل في المقطع V (النتائج والمناقشة الإضافيّة).

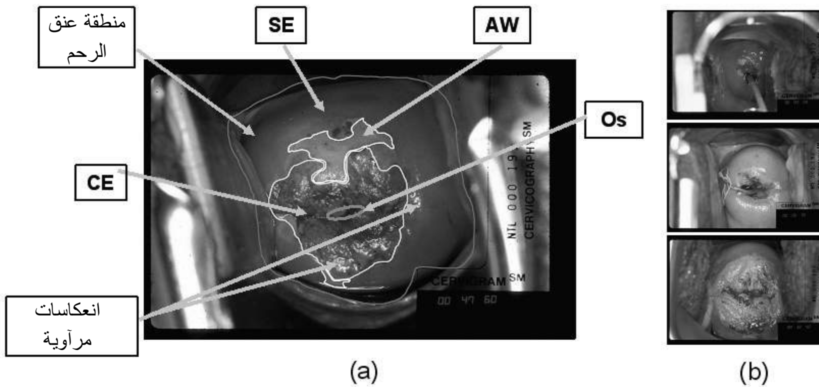
الاسترجاع على أساس المعالم: استرجاع صورة عنق الرحم

نعرض في هذا المقطع دراسة حالة لنعطي مثالاً لتوضيح مراحل التطوير اللازمة في إطار عمل مؤتمت لاستخلاص المناطق والمعالم من معطيات مرئية. تحتوي قاعدة معطيات الصور الطبية المستعملة في هذه الدراسة صور عنق الرحم (Cervigrams) وقد أُنشئت في عمل تعاوني مع المعهد الوطني للسرطان (NCI) والمكتبة الوطنية الطبية (NLM) بهدف دراسة سرطان عنق الرحم. سنوياً، هناك 400,000 حالة جديدة من سرطان عنق الرحم التوسعي؛ وتحدث 15,000 حالة منها في الولايات المتحدة لوحدها.

يحتل سرطان عنق الرحم المركز الثاني من حيث الشيوع بين أنواع السرطان التي تصيب النساء حول العالم والمركز الأول في البلدان النامية. تحمل الطريقة الفعالة من حيث التكلفة للفحص المرئي لإصابات عنق الرحم قبل التوسعية أو للسرطان اسم التصوير العنقي (Cervicography). يستعمل هذا الفحص اختباراً مرئياً يعتمد على تغير لون أنسجة عنق الرحم عند تعرضها لحمض الخل؛ في التصوير العنقي يُصوّر عنق الرحم بواسطة كاميرا خاصّة 35mm مع إضاءة ومضية حلقيّة تُستعمل لتوفير إضاءة مُحسّنة للمنطقة المستهدفة. تُشبه صورة عنق الرحم "السرفيغرام" صورة مهبلية ضعيفة التكبير. يبين الشكل (1) عدداً من صور السرفيغرام.

الشكل (1). (a) صورة سرفيغرام المعالم التشريحية المهمة موسومة، وتشمل حدود عنق الرحم المحيطة به والفتحة وثلاثة أنسجة:الظهارة الحرشفية (Asquamous (SE) Epithelium)، والظهارة الاسطوانية (CE) (Columnar Epithelium)، والأبيض الخلّي (AW) (AcetoWhite). ويُشار بالأسهم إلى المناطق ذات الانعكاس المرآوي.

(b) عدة سرفيغرامات تُظهر التنوع الكبير الموجود في الأرشيف.



لقد جمع المعهد الوطني للسرطان NCI كمية كبيرة من المعلومات الطبية الحيوية المتعلقة بظهور وتطوّر سرطان عنق الرحم في دراسات طويلة الأمد تمتد على عدّة

سنوات أجريت في (Guanacaste) كوستاريكا، وفي الولايات المتحدة، انظر (Jeronimo, Castle, Herrore, Burk and Schiffman, 2003; Shiffman and Castle, 2003). وتشمل المعطيات المجمّعة عمر المريض، وتاريخه الجنسي/ التناسلي، ونتائج الاختبارات المخبرية؛ بما يشمل اللطاخات وفحوصات الخلايا، و100000 سرفيغرام بشكل شرائح كاميرا ملونة قياس 35mm، بالإضافة إلى تصنيفات طبية للسرفيغرامات وفق فئات تشخيصيّة (Jeronimo et al., 2003; Schiffman et al.,2003; Massad, 2006). وفي نشاط تعاوني ضمن إطار المعهد الوطني للصحة، بين المعهد الوطني للسرطان NCI والمكتبة الوطنية الطبية NLM، تُطوّر NLM قاعدة معطيات فريدة يمكن النفاذ إليها من الويب لصور عنق رحم رقمية لدعم تحرّي المعهد الوطني للسرطان عن دور فيروس الورم الحليمي البشري HPV في تطوّر سرطان عنق الرحم والإصابات المُنذرة داخل نسيج الظهارة عند النساء (Long, Antani, Jeronimo, Schiffman, Bopf, Neve et al., 2006).

الأهداف والتحديات

لا تحمل الصور في أرشيف NIH تسميات أو ملاحظات مرتبطة بها. لذلك تظهر الحاجة إلى تحليل مؤتمت لصور السرفيغرامات بهدف استخلاص معلومات مرئية من كلّ صورة على حدَتِها من هذه المجموعة الكبيرة من الصور المؤرشفة. عرف خبراء NLM عدة مناطق ذات أهمية طبيّة أو تشريحية في السرفيغرام (انظر الشكل 1(a)): منطقة عنق الرحم التي هي المنطقة الرئيسية موضوع الاهتمام ضمن السرفيغرام (مُحاطة بحدود عنق الرحم) وهي تتوضّع في الجزء المركزي من الصورة، مع جدران المهبل المحيطة والمعدات السريرية. الاكتشاف المؤتمت لحدود عنق الرحم يعرّف المنطقة ذات الأهمية الطبية والتشريحية ضمن السرفيغرام، ويمكِّن التحليل اللاحق من التركيز على المنطقة الواقعة ضمن منطقة عنق الرحم نفسها. تُمثّل فتحة العنق مَعْلَماً مهماً، يستعمله الخبراء الطبيون بصفته نقطة مرجعية لشرح تشريح العنق. الظهارة الحرشفية Equamous Epithelium (SE)

هي النسيج الطبيعي لعنق الرحم، يظهر بلون برونزي مائل إلى الأحمر الوردي متجانس. الظهارة الاسطوانية Columnar Epithelium (CE) وهو نسجي طبيعي من عنق الرحم يتميز بلون أحمر زاهٍ ومظهر ذي بنية خشنة، ومنطقة الأبيض الخلّي Acetowhite (AW) وهي ظهارة بيضاء المظهر تكون مرئية لفترة وجيزة بعد تطبيق حمض الخل، وتفيد منطقة AW بصفتها مؤشراً مرئياً على سرطان عنق الرحم.

تمثل مهمة التحليل المؤتمت للسرفيغرام تحدياً شديد التعقيد بسبب عوامل متعددة: **أولاً**، تتضمن عملية تصوير السرفيغرام استعمال إضاءة قوية للكاميرا بهدف تحقيق إنارة جيدة للشكل المحدّب لعنق الرحم. وتظهر بنتيجة هذه العملية عدّة ظواهر مصطنعة، مثل ظلال قوية مصطنعة توحي بمظهر غير متجانس ضمن الأنسجة وعبرها، بالإضافة إلى انعكاس مرآوي (SR) مصطنع يتداخل مع التحليل المؤتمت. **ثانياً**، يوجد تنوع كبير ضمن أرشيف السرفيغرامات، كما يبين الشكل 1(b): طريقة الحصول على الصورة ليست ثابتة؛ تتغير زاوية الرؤية تغيراً معنوياً بين الصور، مما يجعل منطقة عنق الرحم تختلف في الشدة والشكل من صورة إلى أخرى. إضافةً إلى ذلك، يمتلك المشهد الفيزيائي الذي يُصوّر تغيّريّة متأصّلة. فمثلاً، ليس لعنق الرحم القياس نفسه عند جميع المرضى، ويمكن أن تظهر أنسجة غير عنقيّة أو معدات طبية مختلفة في الصورة. وهناك صعوبة **ثالثة** مهمة تتمثّل في تغيّريّة محتوى أنسجة عنق الرحم بين الصور، فقد لا تكون جميع أنواع الأنسجة المعرّفة موجودة في كل صورة. **وأخيراً**، يُمثّل المجال الديناميكي الضيق بين الألوان، وعدم وجود حدود متمايزة بين مناطق الأنسجة، تحدياً إضافياً في مجال تحليل الصورة وتصنيف المعطيات.

إطار تحليل السرفيغرامات والنتائج

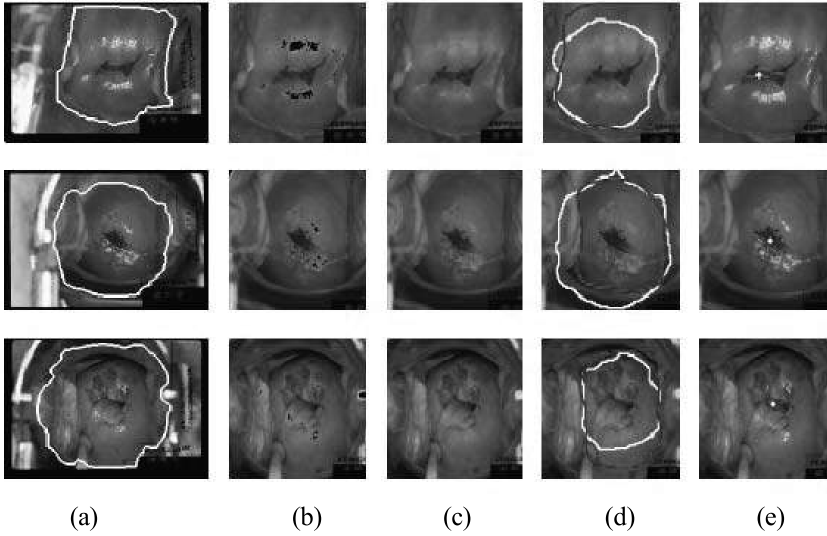
نحتاج إلى عدّة طبقات من المعالجة بهدف تسهيل الاستخلاص المؤتمت للمعالم، بما يشمل استخلاص منطقة عنق الرحم ROI ضمن صورة السرفيغرام، واكتشاف الفتحة، وتحديد حدود الأنسجة ووصفها. تحتاج الخوارزميات المُطَوّرة للتعامل مع العديد من

المتغيرات ومع درجات عالية من الضوضاء ضمن محتوى الصورة، بما يشمل إزالة الانعكاسات من الصور بالإضافة إلى تصحيح الإنارة، والتطبيع عبر كامل صور الأرشيف. في الأعمال التي أُجريت حتى اليوم، استُعمِلت قَسَمَات على أساس وحدة البكسل في المُعالجة، بما يشمل قَسَمات اللون، وقسمات الانحناء الموضعي، والبُعد النسبي عن مركز الصورة (أو الإحداثيات المكانية x و y). واستُعملتْ عدّة تقنيات تجميع تشمل متوسطات-K ونمذجة المزج الغوصي (Gaussian Mixture Modeling) (Bishop,1999)، بالإضافة إلى شكليات المحيط النشط المتقدمة (Advanced Active Contour Formalism)، بهدف التوصيف ضمن المناطق المطلوبة واستخلاص حدود معنوية (Kimmel, 2003). ونجد في الشكل (2) أمثلة على نتائج مأخوذة من عدّة أعمال منشورة:

(Gordon, Zimmerman, Long, Antani, Jeronimo and Greenspan,2006;) (Lotenberg, Gorden, and Greenspan, 2008;) (Zimmerman, Gorden and Greenspan, 2006;) (Dvir, Gordon, and Greenspan, .2007;)

يظهر في الشكل **(2)** استخلاص خشن لمنطقة موضوع الاهتمام **(a)**، وتحديد أكثر تمحيصاً لحدود المنطقة في **(d)**، واكتشاف للانعكاس **(b)** مع ملء لوحدات بكسل المتأثرة بالانعكاس اعتماداً على معلومات وحدة البكسل المجاورة **(c)**، واكتشاف مؤتمت للفتحة **(e)**، ويجري التحقّق من الخوارزميات المطوّرة بالمقارنة مع الخبير الطبّي كما هو مبيّن في **(d)** و **(e)**.

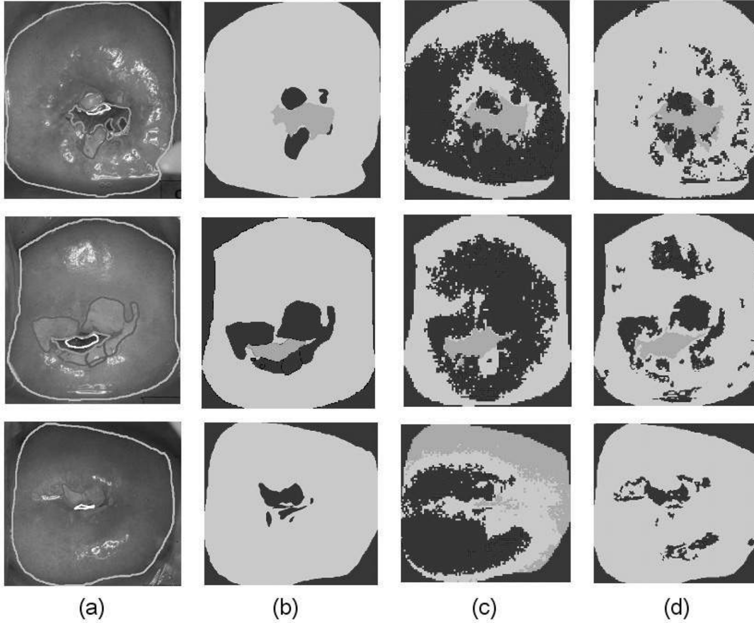
الشكل (2). نتائج معالجة الصورة: **(a)** استخلاص خشن لمنطقة موضوع الاهتمام؛ **(b)**اكتشاف مؤتمت للانعكاس؛ **(c)** ملء لوحدات البكسل المتأثرة بالانعكاس اعتماداً على معلومات وحدة البكسل المجاورة؛ **(d)** وتحديد على أساس تقنية المحيط النشط لحدود ROI (أبيض) بالمقارنة مع حدود الخبير الطبي (أزرق)؛ **(e)** اكتشاف مؤتمت للفتحة (أبيض) ومن قبل الخبير (أزرق).



يمكن لتقطيع صورة السرفيغرام إلى أنسجته المختلفة أن يسهّل استخلاص المَعالم المهمّة، بما يشمل توصيف الخواص الهندسية لأنسجة الصورة، ومواقعها النسبية وغير ذلك. ويمكن لكلٍّ من التقطيع غير المُراقَب للنسج صورةً لصورة، إلى جانب النمذجة المُراقَبة لمميزات النسج على طول الأرشيف، أن يُسهّل مهمة تقطيع النسج وتوصيفها غوردن (Gorden, et al., 2007). المرحلة الأساسية التي تسبق أي نمذجة للنسج هي مُعالجة تغيّرية الإنارة، داخل الصورة الواحدة وبين الصور المختلفة. وبسبب الضوء الوامض القوي للكاميرا والشكل المحدّب لعنق الرحم، تميل الصورة لأن تكون أكثر سطوعاً عند مركز عنق الرحم وينخفض السطوع تدريجياً مع الاقتراب من حدوده. وبهدف التعامل مع تغيّريّة الإنارة، تجري نمذجة عملية تكوين صورة السرفيغرام بصفتها نتيجة مُركّبة

انعكاس ومركّبة إنارة. ليس من الممكن استعمال نموذج واحد لحقل الإنارة بسبب التغيّرية الكبيرة بين الصور. ولقد اقتُرحتْ حديثاً طريقة مبنية على قاعدة خوارزمية EM المُعمّمة لتقدير حقل الإنارة لكل صورة، ولتطبيع هذا الحقل بين جميع الصور (Dvir et al., 2007). يؤدي تحديد مُركّبة الإنارة وحذفها من السرفيغرام الأصلي إلى خفض تأثير الإنارة غير المنتظمة ويساعد في تحسين نتائج تقطيع الصورة. يُظهر الشكل 3 نتائج التقطيع قبل تصحيح الإنارة وبعده. التحسين في التقطيع واضحٌ بشكل رئيسي في منطقة AW (أحمر).

الشكل (3). مثال على نتائج تقطيع النسج: **(a)** سرفيغرام الدخل مع علامات الخبير؛ **(b)** قناع تقطيع الخبير: منطقة AW بالأحمر، وSE بالأصفر، وCE بالأزرق الفاتح؛ **(c)** تقطيع مؤتمت قبل تصحيح الإنارة؛ **(d)** تقطيع مؤتمت بعد تصحيح الإنارة.



التحديات المتبقية

تمثّل النتائج المبينة في الشكل **3(d)** آخر ما توصل إليه العلم في مجال تقطيع أنسجة السرفيغرام، في إطار التقطيع المؤتمت بالكامل. إنّه لَمن المُشجّع أن نرى التشابه الكبير مع علامات الخبير البشري الشكل 3(b). ومع ذلك نرى أن تداخل وحدة البكسل ليس دقيقاً، وتوجد العديد من وحدات البكسل الموسومة خطأً. يبقى التكميم الدقيق لمحتوى النسج والاستخلاص المؤتمت لموصِّفات الشكل تحدياً، ويتطلّب تطويراً خوارزمياً إضافياً. تمثل الإجرائية الحالية لاكتشاف AW تحدياً كبيراً ويجب تحسين النتائج. فبسبب مفاعيل الإنارة غالباً ما تمتلك أنسجة AW وSE ألواناً متشابهة جداً، وغالباً ما تُكتشف إصابات AW خطأً. ومن ناحية أخرى، لا تُكتشف على الإطلاق إصابات AW المتوضّعة في المناطق المظلّلة من الصورة. وكذلك، ليست حدود مناطق AW على الدوام واضحة، وهذا ما يجعل من الصعب على التقنيات المؤسسة على الحروف أن تحددها. وتشمل التحديات الأخرى الحاجة إلى المتانة في التحليل بالإضافة إلى الحاجة إلى النظر في العلامات الناتجة من تعدد الخبراء. إنّ مواجهة هذه التحديات والحصول على أداء قوي ومتين أمرٌ أساسي لمُكامَلة القدرات المؤتمتة ضمن البنى التحتية لأنظمة CBIR.

جرّب شيو، لونغ، أنتاني، جيرونيمو وتوما في (Xue, Long, Antani, Jeronimo and Thoma, 2008) نموذج أولي لنظام CBIR يعمل على مجموعة جزئية من صور سرفيغرامات قاعدة معطيات (حالياً 120 صورة فيها 422 منطقة نسيجية مُعلّمة) حيث جرى فيها وضع علامات على المناطق المهمّة يدوياً وسمّيت من قبل خبراء طبيين في NCI. عند إعطاء منطقة استعلام محدّدة من المستعمل، يُجيب النظام بإعطاء أكثر المناطق شبهاً بها في قاعدة المعطيات، وذلك بالنسبة إلى قَسَمات اللون والبنية والحجم. يُجمّع النظامُ المعالجةَ المؤتمتة للصورة، بهدف استخلاص مميزات المنطقة، مع معرفة المستعمل في انتقاء المنطقة موضوع الاهتمام، وفي تحديد المواصفات ذات الصلة المتعلقة بتلك المنطقة. يُساعدُ هذا في ردم الهوة بين التوقعات العالية للمستعمل، وتمثيل

المنطقة المبني على أساس قَسَمات منخفضة المستوى. لقد أظهر التقييم التجريبي الأوّلي للنظام قيمته الكامنة في أن يُستعمل كأداةٍ مُساعدةٍ في دراسة البوادئ المرئية لسرطان عنق الرحم. ستساعد أتمتة اكتشاف المناطق والتقطيع، كما هو مقترح في المقطع السابق، في تمكين توسيع عمل (Xue, et al., 2008) إلى أرشيف واسع من 100000 صورة، ليس عليها علامات من الخبراء. وعلاوة على ذلك، ستجري إتاحة توصيف مَعالم ومناطق إضافية. فبالإضافة إلى منطقة AW التي هي معلم حيوي عالي الأهمية إذ يمكن أن تكون خبيثة، فإنّ المناطق التشريحية الإضافية مثل الظهارة SE، وCE والدم والسليلات المُخاطية (Polyps) وفتحة العنق وغيرها هي أيضاً معنوية سريرياً. لذلك فإنّ الاكتشاف المؤتمت للمعالم هو أمرٌ حيوي لأنظمة CBIR في العالم الحقيقي.

الاسترجاع صورة لصورة

يتضمن سناريو رئيسي آخر لاسترجاع الصورة على استعمال صورة بصفتها جزءاً من الاستعلام. الهدف هو استرجاع صوَر مُشابهة بأسلوب مُرتّب. هذه مهمة مُقارنة صور تتضمن طورين أساسيين، أولاً، نحتاج إلى تعريف فضاء تمثيل مناسب، ويتبعه دالة مسافة مناسبة للمقارنة بين الصور في فضاء التمثيل المُختار. ويمكن استعمال تغيير مَيْز تمثيل الصور في مهمة مقارنة الصور. يمكن للمرء أن يستعمل التمثيل بوحدة البكسل ذات المستوى المنخفض جداً. في هذه الحالة، تعتمد المقارنة بين الصور على مقياس مسافة بين وحدة البكسل المتوافقة (مثل المقياس المعتمد على المسافة الإقليدية). يكون الجهد الحسابي أصغرياً في مرحلة تمثيل الصورة، مع جهد ملموس (كلفة حسابية) في مرحلة المُقارنة. وهناك خيار آخر ينص على الانتقال إلى تمثيل عالي المستوى، يجري فيه تسمية كل صورة تبعاً لمحتواها المرئي (فئات عامة للصور مثل "غروب"، "حيوانات"، "داخل الغرفة" مقابل "في الهواء الطلق"، وفئات صور طبية مثل "بطن " مقابل "صدر"، و "سليم" مقابل "مصاب"). في هذا السيناريو، نحتاج إلى جهد حسابي كبير في مرحلة التمثيل، بما يشتمل على استعمال تقنيات تعلّم متقدّمة لتصنيف محتوى

الصورة. ويصبح طور المقارنة بسيطاً في هذه الحالة، ويتضمن عملية بحث نصّية على أساس تسميات الفئات. ويوجد تمثيل متوسّط المستوى يحقق توازناً بين الخيارين السابقين، يجري فيه انتقال من وحدة البكسل إلى القَسَمات. تُستعمل متجهات قَسَمات لتمثيل الصور تمثيلاً متراصّاً، ويؤول طور مقارنة الصور إلى مقارنة القَسَمات. ونحتاج إلى مقاييس تشابه أو دوالٍّ مسافات لمقارنة الصور ضمن فضاء القَسَمات المختار، وبين فضاءات القَسمات.

نظرة شاملة على أبحاث مُقارنة الصور

تنتمي مُعظم الأبحاث في تطبيقات استرجاع الصور إلى التمثيل ذي المستوى المتوسط. في هذه الأعمال، يجري الانتقال من قيم وحدات البكسل إلى القَسَمات، وتشمل: الشدّة واللون والبنية وفي بعض الحالات، الإحداثيات المكانية أو المواقع النسبية للقَسَمات. ويمكن أن نجد أوراق بحث تستعرض الأعمال الحديثة في مجال CBIR على أساس القسمات (مثل [1-4]). وهناك قضايا أساسية متعددة تحتاج لأن تُدرس عند اختيار مجموعة القَسَمات وخطّة التمثيل: تعريف تمثيل شامل للصورة (مثل التمثيل بمخطط مستطيلات) أو تمثيل أكثر موضعية على أساس المناطق، واختيار مجموعة قَسَمَات تكون متينة أي مرنة تحت تأثير التغيّرية ضمن أرشيف الصور، وقضايا الانتظام أو اللاتغير مثل درجة الحساسيّة للدوران أو تغيير السلم. ولقد أثارت عدّة أعمال مسألة التمثيل الهرمي، بحيث تمكن مقارنة الصور على مستوى العضو في مرحلة التوزيع في فئات وعلى مستوى المرض في مرحلة لاحقة أعلى من معالجة الصورة (Lehmann, Wein, Dahmen, Berdno, Vogelsang and Kohnen, 2000). وفي أيٍّ من المخططات المقترحة، يحتاج التمثيل لأن يكون من العمومية ليتناسب مع تعدد الصيغ، ومن المتانة بحيث يكون قادراً على التعامل مع التغيرية الكبيرة للمعطيات.

توفّر مخططات المستطيلات تمثيلاً شاملاً ومنقطعاً ولقد جرى استعمالها منذ أنظمة CBIR المبكرة (Flickner, sawhney, Niblack, Ashley, Qian Huang, Dom et al., 1995). فهي توفّر تمثيلاً متراصّاً وفاعلاً للصورة. ويجري انطلاقاً من فضاء قَسَمات معطى، تعريف مخطط مستطيلات بصفته تجزئة ثابتة لفضاء القَسَمات، حيث تعتمد التجزئة على خطّة التكميم المُختارة (مثل التكميم المنتظم أو المتجهي)، بالإضافة إلى اعتمادها على اعتبارات التعقيد الحسابي والتخزيني. ولقد جرى اقتراح عدّة مقاييس لعدم التشابه بين مخططي مستطيلات. يمكن عموماً تفريق هذه المقاييس إلى نوعين (Puzicha, Buhmann, Rubner and Tomasi, 1999) و(Smith and Chamg,1999): المقاييس من نوع "مستطيل لمستطيل"، التي تقارن محتويات المستطيلات المتوافقة بين مخططات المستطيلات، والمقاييس من النوع "العابر للمستطيلات"، التي تتيح المقارنة بين المستطيلات غير المتوافقة أيضاً. يشتمل النوع الأول على المسافات من نوع Minkowski، بالإضافة إلى مقياس تقاطع مخططات المستطيلات (HI) (Stricker and Dimai, 1997; Swain and Ballard, 1991)، وتباعد (Kullback-Leibler) (KL) وتباعد (Jeffrey) (CoverandThomes,1991; Rubner,1999). وتشتمل مقاييس النوع الثاني على معلومات إضافية حول المسافة بين القَسَمات المنفردة (مثلاً، بين الألوان الممثّلة بمستطيلات المخطّط). تشتمل مثل هذه المقاييس على مسافة بشكل تربيعي (Rubner,1999) حيث تتضمن فيها مصفوفة تشابه لتمثيل التشابه بين المستطيلات. يستخلص مقياس مسافة "مُحرّك الأرض" المنوالات المُسيطرة من مخطط المستطيلات بصفتها توقيعاً، ويُعرّف مقياس تشابه بين التوقيعات. ونجد في بيلونجي، كارسون، غرينسبان وماليك (Belongie, Carson, Greenspan and Malik, 1998) (Cover and Thomas, 1991; Rubner, 1999) مقاييس عدم تشابه إضافية مُقَيّمة ومُقارَنة.

الميّزة المشتركة بين المُقاربات المُناقَشة أعلاه هي تقطيع فضاء القَسَمات المستمر بواسطة تمثيل من المستطيلات. ينتج عن تجزئة الفضاء إلى مستطيلات فقدان في المعلومات. والتجزئة الخشنة لا تمتلك قدرة كافية على التمييز، في حين ستضع التجزئة

الدقيقة القَسَمات المتشابهة في مستطيلات مختلفة ولن تكون أبداً متشابهة. وهناك ميزة مشتركة أساسية ثانية في المقاربات أعلاه هي أن مخططات المستطيلات تلتقط التوزيعات الشاملة للقَسمات بين الصور، وهي تفتقد للمعلومات الموضعية، أو المعلومات المناطقية بالإضافة إلى العلاقات المكانية ضمن الصورة. وبهدف إدخال المعلومات المكانية أو المناطقيّة ضمن التمثيل بمخططات مستطيلات، نحتاج إلى تقنيات خاصّة انظر على سبيل المثال في (Greenspan and Pinhas, 2007; Kullback, 1968; Lehmann et al., 2005). يمكن أن تضم هذه التقنيات تجزئة ثابتة للصورة إلى كتل متداخلة، وتمثيل كل واحدة منها بواسطة مخطط مستطيلات لمجموعة مختارة من القَسَمات (Kullback, 1968). وتُقتَرَح مخططات ارتباط في (Lehmann et al., 2005) لتأخذ في الاعتبار الارتباط المكاني بين الألوان الموضعية إضافةً إلى التوزيع الشامل للارتباط المكاني.

وهناك مجموعة منفصلة من الأعمال في مجال تمثيل الصورة تضم مقاربات على أساس المنطقة يُنظر فيها إلى المناطق بصفتها وحدات البناء الأساسية في تكوين المحتوى المرئي لصورة. في هذه الأعمال، يجري أولاً تعريف مناطق الصورة في مستوي الصورة، ثُمّ يجري بعد ذلك مقارنة الصور منطقة منطقة. تضم الأعمال الأولى في هذا المجال الإسقاط الخلفي لمخططات المستطيلات (Goldberger, Greenspan and Dreyfuse, 2008)، والاسترجاع مؤسس على أساس مناطق الصورة المقطّعة، حيث جرى استخلاص المناطق باستعمال بعض الدعم من المستعمل مثلاً (Leung and Malik, 2001). لقد أدخل تمثيل الصورة المسمّى "عالم البقع" وخطّة الاسترجاع (Belongie et al., 1998) تقطيعاً غير مُراقَب للصورة إلى مجموعة صغيرة من المناطق من طريق النظر إلى الصورة وكأنها مكوّنة من تجمعات في فضاء القَسَمات، حيث يمكن ربط كل تجمّع بمنطقة موضعية متجانسة في مستوي الصورة. لقد جرى تعريف التمثيل رياضياتياً بصفته مجموعة من التوزيعات الطبيعية (المسماة بقعاً) في فضاء القَسَمات المختار. في (Belongie et al., 1998) كان المستعمل قادراً على رؤية التمثيل البُقَعي والاستعلام المؤسس عليها، من طريق اختيار البقع المطلوب مُقارنتها مع تثقيل ممكن لقسمات البقع.

يمكن لاستعلام أن يضم تركيباً لبقعتين. من حيث الجوهر، تتحوّل مسألة مقارنة الصور إلى مسألة مقارنة بقع (واحدة أو اثنتين). تُقارَن كل بقعة بجميع البقع في كل صورة من قاعدة معطيات. وتكون المعلومات المكانية مشمولة أيضاً، وإن كان ذلك بأسلوب مختصر جداً. يجب أن يُلاحَظ أنّ كل بقعة ممثلةٌ بمخطط مستطيلات ملوّن، فهذا التمثيل هو تمثيل منقطع.

ولقد اقتُرِح توسيع لمخطّط "عالم البقع" الذي يوفر تمثيلاً موضعياً ومستمراً في إطار عمل GMM-KL الذي سنصفه لاحقاً. في الأعمال الحديثة، تنبثق مخططات المستطيلات مجدداً بصفتها أساليب فاعلة للاسترجاع، حيث انزاح التمثيل من وحدة البكسل إلى بقع الصور. سيُستَكشَف هذا الميل الجديد في مقطع التوجهات اللاحق.

المقارنة صورة لصورة باستعمال إطار عمل GMM-KL

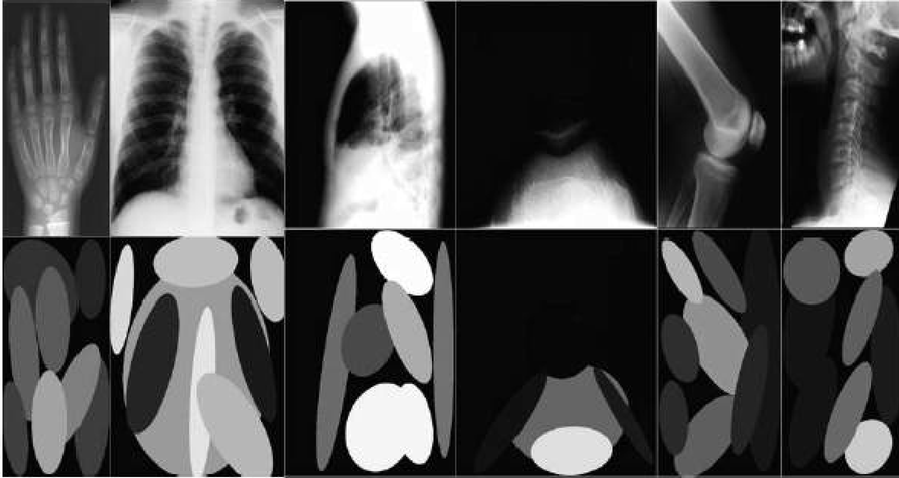
يوفر إطار عمل (GMM-KL) آلية مؤتمتة للمُقارنة صورة لصورة تجمع بين التمثيل الموضعي والتمثيل المستمر للصورة بواسطة نمذجة المزج المعتمدة على متحولات غاوس(GMM) (Gaussian mixture modeling)، بالإضافة إلى مقارنة الصور المعتمدةِ على نظرية المعلومات عبر مقياس (KL) (Kullbac-Leibler). لقد اختبر إطار GMM-KL في الصور العادية (Greenspan, Goldberger and Ridel, 2001) وجرى مؤخراً توسيعه إلى الصور الطبية (Greenspan et al., 2007). في إطار GMM-Kl يُجرى انتقال بدئي من وحدة البكسل إلى فضاء قَسَمات مُختار. تشمل القَسَمات عادة الشدّة واللون والموضع المكاني (مثلاً، الإحداثيات x وy). وتُمَثَّل كلُّ بكسل بمتجه قَسَمات، والصورة بأكملها تُمثَّل بمجموعة من متجهات القَسَمات. تُجمّع وحدات البكسل في مقاطع متجانسة في مستوي الصورة من طريق تجميع متجهات القَسمات في فضاء القَسمات المتعدد الأبعاد. الافتراض القائم وراء ذلك هو أن قَسمَات الصورة وتوزيعها المكاني في مستوي الصورة مولّدة بواسطة مزيج من متحولات غاوس العشوائية. يكون توزيع متحول عشوائي $X \in \mathbb{R}^d$ مزيجاً من k متحول غاوس إذا كان لدالة كثافته الصيغة

$$f\left(X \mid \theta\right)=\sum_{j=1}^{k}\frac{a_j}{\sqrt{(2\pi)^d\left|\Sigma_j\right|}}\exp\left(-\frac{1}{2}(X-\mu_j)^T\Sigma_j^{-1}(X-\mu_j)\right) \qquad (1)$$

حيث تتكون مجموعة الموسطات من $\theta=\{a_j,\mu_j,\Sigma_j : 1\le j\le k\}$ من أعداد موجبة تماماً $a_j>0$ تحقق $\sum_{j=1}^{k}a_j=1$ و $\mu_j\in\mathbb{R}^d$، و Σ_j هي مصفوفة $d\times d$ معرّفة موجبة.

هنا a_j هي الاحتمال السابق لمتحول غاوس ذي الدليل k، و μ_j و Σ_j هما بالترتيب المتجه المتوسط ومصفوفة التغاير لمتحول غاوس ذي الدليل k نفسه. جوهرياً، يُعدّ تعلّم نموذج مزيج غاوسي مهمة تجميع أو عنْقَدَة غير مُراقَبة. تُستعمل خوارزمية أمْثَلَة التوقّع (Expectation Maximaization) (EM) لتحديد موسطات المعقوليّة العظمى لمزيج من k متحول غاوس في فضاء القَسَمات. وما إن يجري تعلّم موسطات النموذج، يمكن ربط كل بكسل (متجه قَسمات) من الصورة الأصلية بالتجمّع الغاوسي الأكثر احتمالاً مما يولد مخطط تقطيع للصورة المُدْخَلَة.

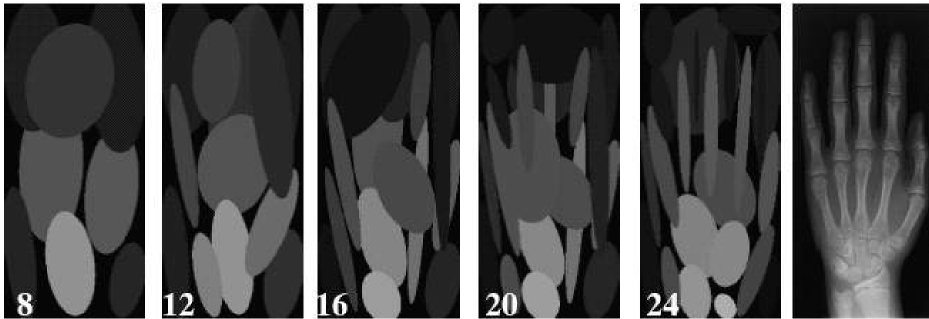
الشكل(4). نمذجة الصور عبر نماذج GMM. متحولات غاوس بأربعة أبعاد: الشدّة والتباين والموضع المكاني (x,y). ما يظهر هو مسقط كلّ متحول غاوس على المستوي (x,y) وكلٌّ منها ملوّن بمستوى الرمادي المتوسط لوحدات البكسل التي يمثلها.



يبين الشكل 4 أمثلة على صور من فئات صور أشعة سينية مختلفة، مع تمثيلها بنماذج GMM. في هذا التمثيل يظهر المزيج الغاوسي الموضعي بشكل مجموعة من القطوع الناقصة يمثل كلٌ منها، الحامل، والشدة المتوسطة، والتوضّع المكاني لمتحوّل غاوسيّ بعينه في مستوي الصورة. إنّ GMM تمثيل خشن جداً لمستوي الصورة، ومع ذلك يبقى من الممكن تحديد هوية المناطق المُمثِّلة للصورة. فمثلاً، في صورة الصدر، تتمثّل الرئتان بشكل بقعتين عاتمتين واضحتي البنية، ويتمثل العمود الفقري بشكل بقعة بيضاء لا بنية لها، وتظهر الخلفية في أعلى الصورة بشكل بقعتين عاتمتين نسبياً لا بنية لهما وهكذا. وينعكس عدم التناظر في الصورة العائد إلى وجود القلب وهو ظاهر في التمثيل البُقعي. ويُحدد عدد المتحولات الغاوسيّة في الصورة مستوى الحبيبيّة في تمثيل الصورة. نحتاج عدداً كبيراً من المتحولات الغاوسيّة إذا أردنا تقطيعاً دقيقاً للصورة ولكن يكفي عددٌ صغير منها لأداء مهمة المُقارنة. يُظهر الشكل (5) الأثر المرئي الناجم عن تغيير مرتبة

النموذج k. ومع زيادة عدد المتحولات الغاوسيّة، تظهر تفاصيل أكثر دقة في التمثيل البُقَعي. تُعطي القيم الصغيرة للعدد k وصفاً خشناً، وتعطي القيم الأكبر للعدد k وصفاً أكثر تموضعاً، بما يشمل التفاصيل الأدق كالأصابع. يبدو هذا أكثر تمثيليّة لعين الإنسان، وبالتأكيد هو أقرب للصورة الأصليّة. لأهداف التصنيف والاسترجاع، يوجد حل وسط بين الدقّة والعموميّة: يمكن لنموذج أن يكون دقيقاً جداً في حالة صورة بعينها، ومع ذلك يمكن أن يُعاني زيادة في التقريب أو الملاءَمة ويفقد العمومية المطلوبة لمهمة التصنيف الأكثر عمومية.

الشكل(5) . مستوى الحبيبية في التمثيل. أعداد مختلفة من المتحولات الغاوسيّة لكل نموذج للصور.



تشابه الصور والمقارنة

ما إن نقرن نموذج GMM بصورة، حتى يصبح بالإمكان النظر إليها كمجموعة من العيّنات المستقلة عشوائياً والمتماثلة التوزيع، توزيعها مزيج متحولات غاوسيّة. إذاً، يصبح من المعقول قياس المسافة بين صورتين من طريق قياس المسافة بين توزيعَي المزيجين الغاوسيين الناتجين من الصورتين. وهناك مقياس مناسب يعتمد على نظرية المعلومات هو مقياس (Kullback Leibler) (KL)، أو مسافة الإنتروبية النسبية (Kullback, 1968).

ارمز بالرمزين f_1 و f_2 إلى نموذجي المزيجين الغاوسيَّين المحسوبين من صورتين. انطلاقاً من التوزيعين f_1 و f_2 تُعطى مسافة KL غير المتناظرة بالصيغة

$$D\left(f_1 \| f_2\right) = E_{f_1}\left(\log \frac{f_1}{f_2}\right) \qquad (2)$$

حيث E هو دالة التوقع الرياضي.

يمكن حساب مسافة KL بواسطة إجراءات مونت كارلو (Monte Carlo).

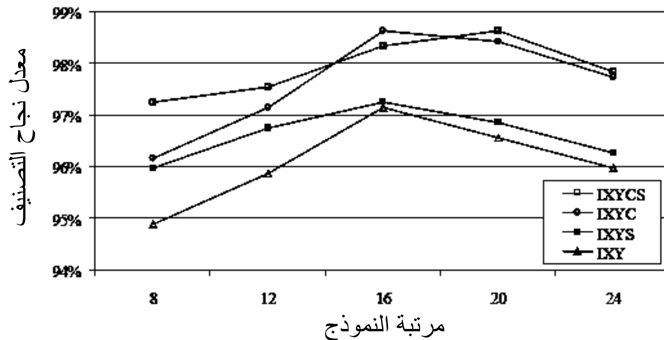
نتائج الاسترجاع صورة لصورة باستعمال إطار GMM-KL

تعتبرُ مكتبة صور الأشعة السينية لمشروع IRMA (Lehmann et al., 2005) مصدراً جيداً للمعطيات بهدف الاسترجاع الطبي صورةً لصورة وهي تحتوي على صفوف صور أشعة سينية (مثل الصور المبينة في الشكل 4). تتكون المعطيات من صور أشعة سينية طبية مأخوذة ضمن الروتين السريري في قسم التشخيص الشعاعي في مشفى جامعة آخن (Aachen)، ألمانيا. ثُمّ تؤخذ رقمياً على نحو ثانوي، أي تُمسح من أفلام الصور الشعاعية المألوفة بواسطة ماسح ضوئي عالي المَيْز (نموذجياً 3000×2000 وحدة بكسل) ثُم تُصغّر إلى مَيْز نموذجي قدره 500×300 وحدة بكسل (8 بتات). تُصنّف الصور بواسطة خبراء طبيين تبعاً لصيغة التصوير، والمنطقة المفحوصة، وتوجيه الصورة بالنسبة إلى الجسم والنظام الحيوي المُقيَّم.

القضية المهمة هي تعريف مجموعة القَسَمات المُناسبة لمهمة استرجاع بعينها. وبهدف تحرّي التمثيل المناسب للصورة ومرتبة النموذج (k) المُناسبة، جرى انتقاء أوضاع مختلفة وتقييمها على أساس الخرْج النهائي للنظام بدلالة نسبة التصنيف. جرى توليد تمثيلات للصور ضمن خمسة تراكيب مختلفة لفضاء القَسَمات باستعمال الشدة (I)، وقَسَمات البنية المتعلّقة بالتباين (C) والسلّم (S) وموقع وحدة البكسل (X,Y). وجرى تجميع كل فضاء قَسَمات في نماذج مزيج متحولات غاوس مراتبها 8 و12 و16 و20

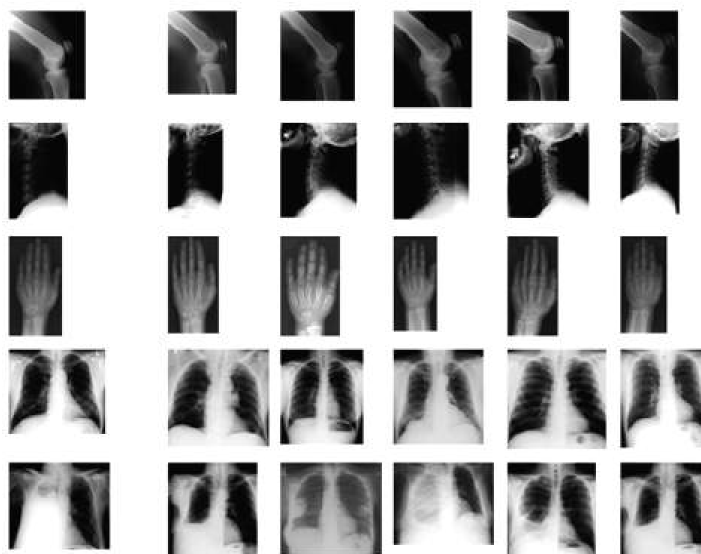
و24. المجموع الكلي إذاً 25 اختبار تصنيف (خمسة تمثيلات مضروبة بخمس مراتب للنماذج). واستُعملت مجموعة عشوائية مكونة من 1014 صورةً مأخوذة من 12 صفاً. وأُجري التصنيف باستعمال إجرائية "أبقِ واحداً خارجاً". في هذه الإجرائية، تُستعمل كلّ صورة مرة واحدة بصفتها صورة اختبار، وتُصنّف باستعمال بقيّة الصور كما يلي: **(أ)** تُسترجع الصور الأقرب إلى صورة الاختبار (الأكثر شبهاً بدلالة KL)؛ **(ب)** يُؤخذ قرارٌ بأسلوب التصويت الأعلى بين ثلاث دورات اقتراع من بين أقرب ثلاثة جيران، وخمسة وسبعة. يبين الشكل (6) نتائج التصنيف باستعمال هذه الإجرائية. ونجد أربعة منحنيات حيث تُمثّل كل نقطة المتوسط على جميع حالات الاختبار. لقد كان معدّل التصنيف باستعمال فضاء القَسمات المقتصر على الشدّة فقط (I) أخفض بشكل ملموس من معدل التصنيف في حالة فضاءات القَسَمات الأخرى (في المجال 20%-45%)، لذلك لم يضمّ هذا الشكلُ المنحني الموافق. تُشير النتائج إلى أنّ فضاءات القسمات IXYC وIXYCS توفر معدلات تصنيف أعلى من الخيارات الأخرى المدروسة. نسبة التصنيف عالية مع قيمة عظمى 98.6% في حالة IXYC و16 متحول عشوائي غاوسيّ.

الشكل (6). النسب المئوية للتصنيف (إجرائية أبقِ واحداً خارجاً) بصفتها توابع لتمثيل الدخل ومرتبة النموذج.

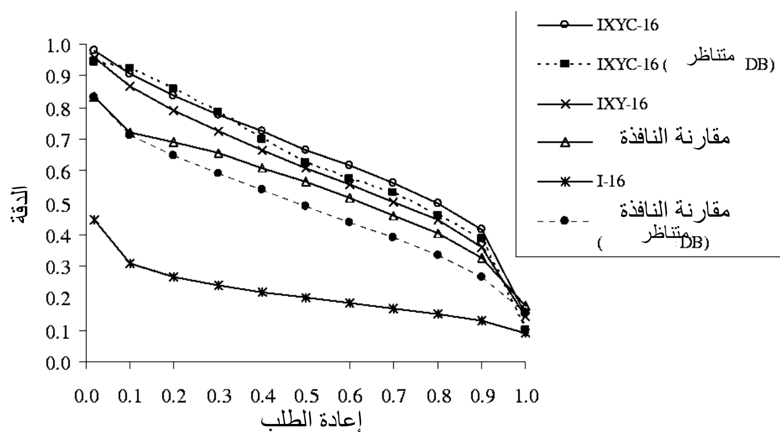


يبيّن الشكل (7) تجربة استعلام بمثال (مجموعة معطيات من 1500 صورة). الصورة على اليسار من كل سطر هي صورة الاستعلام. والصور الخمس إلى اليمين مرتّبة تبعاً لتشابهها مع صورة الاستعلام من اليسار إلى اليمين، وفق مسافة KL. تبيّن النتائج أنّ الصور المُستَرجَعة هي من صفّ صورة الاستعلام نفسه. وعلاوةً على ذلك، إنّه لَمن المهم أن نلاحظ الإجابة عن استعلام صورة صدر طبيعي (السطر الرابع) هي مجموعة من الصور لصدر طبيعي، في حين استرجع الاستعلام عن صورة صدر مصاب (السطر الخامس) صور صدر ذات مظهر غير طبيعي (ومشابهة من الناحية المرئية لصورة الدَخْل). يمكن تلخيص التقييم الكمي باستعمال منحنيات "الدقة" مقابل "إعادة الطلب" (PR). "إعادة الطلب" تقيس القدرة على استرجاع جميع الصور ذات الصلة في قاعدة المعطيات، و "الدقّة" تقيس دقّة الاسترجاع وهي معرّفة بصفتها النسبة بين عدد الصور ذات الصلة والعدد الكلي للصور المُسترجعة. يبيّن الشكل (8) منحنيات PR تُلخّص أداء الاسترجاع لنظام GMM-KL. نتائج الاسترجاع الموافقة لثلاثة تمثيلات GMM مختلفة مبيّنةٌ، وهي مقارنة مع الاسترجاع باستعمال خوارزمية حفّزتها دراسة حديثة لفريق IRMA. تُسمى خوارزمية IRMA باسم مُقاربة مقارنة– النافذة، (الطريقة الموافقة في (Lehmann et al., 2005) تُسمى نموذج تشويه الصورة (Image Distortion Model) (IDM)). يبيّن الشكل 8 أنّ أفضل النتائج هي التي تحقّقت باستعمال GMM-KL مع فضاء القَسَمات IXYC-16، وهي تتنافس إيجابياً مع مُقاربة مقارنة النافذة الموضعيّة.

الشكل (7). تجربة الاستعلام بمثال. تظهر صورة الاستعلام على اليسار؛ والصورة المُسترجعة مرتبة تبعاً لتشابهها على اليمين (Greenspan et al., 2005).



الشكل (8). تجارب الدقة مُقابل إعادة الطلب PR.



التوسيع من نمذجة الصورة إلى نمذجة فئات الصور ومقارنتها

تبيّن التجارب السابقة، قدرة إطار GMM-KL على التوزيع في فئات لأرشيف يحتوي على نحو 1000 صورة بنجاح. والسؤال المهم هو النظر في تقدير مقدرة الطرائق المتبعة في حالة CBIR الواسع النطاق، وقدرة إطار عمل GMM-KL على التوسع لمعالجة أرشيفات ذات حجوم متزايدة. هناك نقطتان مثيرتان للقلق تبرزان في صياغة GMM-KL. الأولى هي القدرة على التوسّع ليشمل قَسَمات إضافية، قسمات النسج أو البنى مثلاً قد تكون مهمة عند التوزيع إلى فئات في حالة مجموعات أكبر من الفئات. وقَسَمة البنية هنا هي توصيف منطقة أكثر منها توصيف وحدة بكسل، ونحتاج إلى وسائل خاصة للتعاطي مع هذه القَسَمة. والثانية هي مسألة التعقيد الحسابي: وهي المتطلبات حساباً ووقتاً التي نحتاجها لإجراء مقارنة KL بين الصور عند الانتقال من 1000 صورة إلى 10,000 صورة. إحدى الإمكانات للتعامل مع حمل متزايد من الصور هي اقتراح أسلوب مقارنة هرمية، يجري فيها مقارنة صورة الاستعلام أولاً مع نماذج لفئات، ويلي ذلك مقارنتها مع الصور ضمن الفئة المناسبة فقط. في الأعمال الأخيرة، جرى النظر في توسيعات للنموذج، بما يشمل نمذجة GMM لفئة صور (Greenspan et al. ,2007). باستعمال مجموعة تدريب مُراقَب، تجري نمذجة كل فئة بواسطة GMM. ثُمّ تنزاح مسألة تحديد الفئة نحو مهمة مقارنة صورة مع فئة. تشكّل مسألة نمذجة فئة صور بحد ذاتها تحدياً. وبهدف ضمان تحقيق نموذج متراصّ، جرى تطوير خوارزميات اختصار النموذج في (Goldberger et al., 2008).

التوجهات المستقبلية: توسيع فضاء القَسمات والمحتوى

زيارة جديدة لفجوة القسمات. من وحدات البكسل إلى التمثيل على أساس البقع في الأعمال التي جرى وصفها حتى الآن، جرى الانتقال من وحدة البكسل إلى متجهات القسمات في فضاء ذي d بعداً، حيث يصف كلّ متجه قَسَمات بكسل منفردة (مثل: الشدة واللون والموقع). وتنزاح مهمة مُقارنة الصورة إلى قياس مسافات بين نقاط في فضاء متجهات

القسمات المختار الذي عدد أبعاده d. في السنوات الأخيرة جرى اقتراح تمثيلات على أساس "البقع" وتقنيات تصنيف على أساس "سلّة قَسَمات" لمعالجة مهام التعرّف العامّة (Leung, and Malik, 2001; Varma and Zisserman, 2003; Sivic and Zisserman, 2003) (Fei-Fei and Perona, 2005; Nowak, Jurie1, and Triggs, 2006; Jiang, Ngo, and Yang, 2007). في هذه المُقاربات، نجد انزياحاً من كائن وحدة البكسل إلى "البقعة" وهي نافذة صغيرة متمركزة على وحدة البكسل. وهي في أبسط أشكالها، مجرّد قيم لكل وحدة بكسل (شدّات) من النافذة، تُستعمل مركّبات في متجه القَسَمات. من الممكن أخذ معلومات البقعة بصفتها مجموعة من قيم وحدة البكسل، أو بإزاحة التمثيل إلى مجموعة مختلفة من القَسمات على أساس وحدات البكسل، مثل قسمات (SIFT) (Lowe, 1999)، وخفض عدد أبعاد التمثيل من طريق تقنيات خفض عدد الأبعاد مثل تحليل المكونة الأساسية (Principle Component Analysis) (PCA) (Bishop,1995).

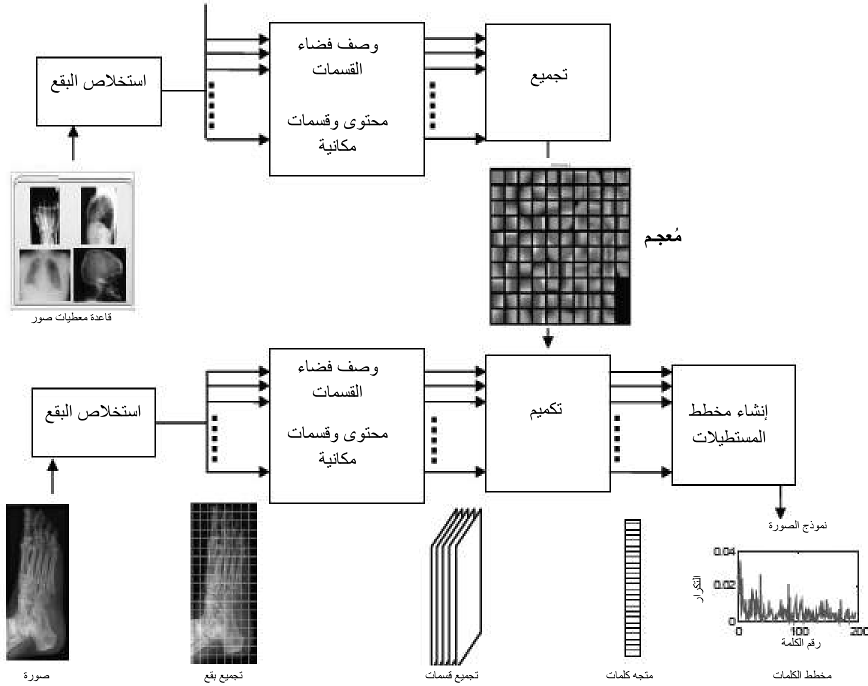
يجري استخلاص مجموعة كبيرة جداً من البقع من صورة. تُظهر كل بقعة صغيرة لمحة موضعية من محتوى الصورة؛ وتستطيع مجموعة من آلاف أو أكثر من البقع المُختارة عشوائياً أن تُحدد كامل محتوى الصورة (مثل أحجية، بَزل puzzle يجري تكوينها من قطعها). يجري تعلّم مُعجم من الكلمات اعتماداً على مجموعة كبيرة من البقع المستخلصة من مجموعة كبيرة من الصور. وما إن يجري تعلّم معجم شامل، تُمثَّل كل صورة كمجموعة من الكلمات (وتعرف أيضاً باسم "سلّة كلمات" أو "سلّة قسمات") باستعمال مخطط مستطيلات مُفهرَس على الكلمات المُعرّفة. تمكن بعدئذ المقارنةُ بين الصور أو بين صورة وصف من الصور، بواسطة مقياس مسافة بين مخططات المستطيلات المُمثِّلة. وعند تحديد فئة صورة بصفتها تنتمي إلى صفّ بعينه، تُستعمل مُصنِّفات معروفة مثل أقرب k-جوار، وآلات حوامل المتجهات (Vapnik, 1995) (Support-Vector Machines) (SVM).

يُظهر الشكل 9 مخططاً مبسّطاً لسيرورة تمثيل الصور على أساس البقع. في طور التدريب، يجري تعلّم مُعجم من مجموعة كبيرة من البُقع مأخوذة من مجموعة صور

تدريب كبيرة (الطريق العلوي)، ويعتمد المعجم على تجميع أو عَنقَدَة المعطيات، بواسطة تقنيات مثل متوسطات-K، مع كلمات-رماز مشفّرةٍ مأخوذةٍ بصفتها مراكز التجمعات المُسْتَخْلَصة. وفي حالة صورة جديدة تدخل النظام، تُستخلص البقع، وتُعرّف القَسَمات من طريق البُقع، ثُمّ تُقرَن كل بقعة بكلمة الرماز المشفّرة الأقرب شبهاً بها. ثُمّ يجري توليد مخطط مستطيلات لكلمات الرماز المشفرة المولّدة بهذا الأسلوب لكل صورة، ويُستعمل بصفته تمثيلاً منقطعاً للصورة.

لقد تطوّرت الطرائق على أساس البقع من الطرائق النصيّة إلى تحليل البنى (Leung, et al., 2001; Varna, et al. 2003) وكانت مُحفَّزةً من قِبل عالم معالجة النصوص (Sivic et al., 2003). في مقاربة سلّة القسمات التقليدية، تُفقَد المعلومات المكانية، وتضيع العلاقات الهندسية بين البقع. لقد أظهرت الأعمال الحديثة أنّ ضمّ المعلومات المكانية بصفتها قَسمات إضافية لكل بقعة يمكن أن يوفر قدرة إضافية على تحديد فئة الصورة (كما كان قد أُثبت في نظام GMM-KL). إنّ مُقاربة سلّة القَسَمات على أساس البُقع بسيطةٌ، وفاعلةٌ حسابياً، وتُظهر متانة للتغيرات المكانية والانسدادات. باستعمال هذه المُقاربة جرى تحقيق زيادة ملموسة في قدرات الأداء في الرؤية الحاسوبية العامّة، وفي تصنيف المشاهد. مثلاً (Fei-Fei et al., 2005; Nowak, et al., 2006; Jiang et al., 2007).

الشكل(9). توضيح تمثيل الصورة على أساس البقع. تُمثَّل الصورة كمجموعة من الكلمات (مخطط مستطيلات بأدلّة الكلمات) من مُعجَم متَعَلَّم على نحو شامل.



مؤخراً بدأت عدّة أعمال باستعمال صياغة سلّة القسمات على أساس البقع في مهام تحديد الفئات الطبية. تصنيف أنسجة صور الثدي وتقطيعها مبيّن في (Bosch Rué, 2008). ويمكن أن نجد بقعاً لتحديد فئات أرشيف صور شعاعية واسع النطاق كجزء من مسابقة (CLEF) العالمية ديزلارس، هانبوري، فيتانيمي، فاركيوهار، برندل، داروكزي (Deselaers, Hanbury, Viitaniemi, Farquhar, Brendel, Daróczy, et al., 2007)، حيث تُستعمل أرشيفات كبيرة من الصور الطبية عبر مشروع IRMA. واشتملت مسابقة CLEF على مجموعة تدريب مكونة من 11,000 صورة، بالإضافة إلى 1000 صورة

إضافية للاختبار، تنتمي إلى 116 فئة. توفّر مسابقة CLEF أداة اختبار مهمة، لتمكين المقارنات بين مجموعات قَسَمات مختلفة بالإضافة إلى أساليب التصنيف. والمثير للاهتمام أن نلاحظ أنّه في السنتين الأخيرتين، حققت المُقاربات القائمة على أساس تمثيل البقع أفضل النتائج، تتراوح بين نسبة 86% و 90% في دقّة تصنيف الفئات، مثلاً توماسي، درابونا، كابوتو (Tommasi, Drabona and Caputo, 2007; Deselaer, et al., 2006). ولقد استعملت كلٌّ من القسمات الشاملة والموضعية في (Tommasi, et al., 2007). القسمات الشاملة هي صور مصغّرة قياسها (32×32). أمّا القَسَمات الموضعيّة فهي موصِّفات SIFT مأخوذة بكثافة (128 قيمة) حول كل نقطة. يجري تمثيل مجموعة القسمات الموضعية بمخطّط على مُعجم، يُنشأ باستعمال خوارزمية متوسطات-K (في فضاء ذي 128 بعداً) على متجهات قسمات مُختارة عشوائياً (K=500)، ويجري تعلّم أربعة أرباع من الصور وتمثيلها على نحو منفصل. أمّا التمثيل النهائي لصورة معطاة فهو إذاً 32×32 قيمة وحدة بكسل للصورة الشاملة، مع 4 مرات قيم مخطط مستطيلات ذي 500 مستطيل. يجري التصنيف باستعمال (SVM) ("واحد مقابل واحد"، و "واحد مقابل الجميع") مع مُعاملات تثقيل مختلفة للتمثيلات الشاملة ولتلك الموضعية. ولقد ذُكرت نتائج تصنيف بين 88.5% و 89.7% في حالة تقنيات تصنيف متنوعة. في حالة (Deselaers, et al., 2006) القَسَمات هي بقعٌ موضعية ذات قياسات مختلفة عند كل موضع، مصغّرة أو مُكبّرة إلى قياس مشترك. ويجري خفض عدد أبعاد فضاء البقع ليكون بين 6 و 8 باستعمال تحويل PCA. وتضاف إحداثيات البقع x و y بصفتهما مركّبتين إضافيتين. في هذا العمل لا نستعمل معجماً، بل يجري تكميم فضاء القَسَمات بانتظام في كل بُعد، وتُمثّل الصورة كمخطط مستطيلات مخلخل في الفضاء المكمّم. وجرى فحص عدّة تقنيات تصنيف، بما يشمل مُصنِّف أقرب جار، ومُصنّف الإنتروبية العظمى، و SVM. تتراوح معدلات التصنيف من 86.8% إلى 88.1% في حالة تقنيات تصنيف مختلفة. ولقد اقتُرح أسلوب فاعل على أساس البقع في عمل حديث جداً أفني، غولدبرغر وغرينسبان (Avni, Goldberger, and Greenspan, 2008) مع معدّل تصنيف صحيح قريب من 90%،

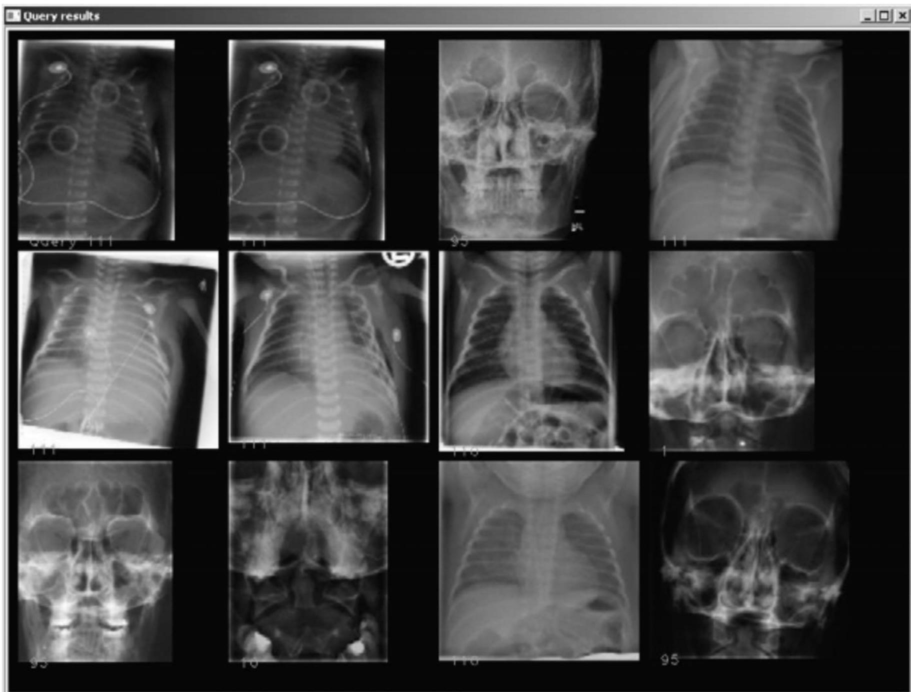
ويُختار النظام عشوائياً 120 صورة من قاعدة المعطيات، ويختار منها عينة مكونة من مليونَي بقعة قياسها 9×9. وتُجعَل البقع قياسيّة متوسطها 0 وتباينها 1. وتُهمل البقع التي تباينها 0 لأنها تمثّل معلومات الخلفية فقط. وتُستعمل ستة مركّبات مُسيطرة أساسية لتمثّل معلومات البقعة. ويشتمل متجه القَسَمات النهائي المعرّف لكل بقعة على المركّبات الست الأساسية للبقعة مع متوسّط مستوى الرمادي (وهي معلومة فُقدت عند جعل البقعة قياسية) والإحداثيات المكانية (x, y) لوحدة البكسل في مركز البقعة. وباستعمال تجارب التحقّق المتصالب نجد أنّ التثقيل النسبي للمركّبات كان [1,0.45,3.5] في حالة مركّبات PCA، ومتوسط المعلومات المكانية، بالترتيب. تُجمّع عيّنة التدريب (مليوني متجه قسمات بقع) باستعمال خوارزمية متوسطات-k في 700 كلمة طولها 9. يُفيد هذا كمعجم لهذه المهمة. تُمثّل صورة معطاة بمجموعة بقعها (تُعرّف بقعة حول كل وحدة بكسل). ما إن يُعرّف المُعجم، تُحوّل كل بقعة إلى متجه قسمات ذي تسعة أبعاد، ويمثّل هذا المتجه بواسطة دليل الكلمة الأقرب إليه في المعجم. ونحصل على مجموعة من الأدلة (واحد لكل بقعة) تُجمّع في مخطط مستطيلات يحوي 700 مستطيل يمثّل الصورة. في طور التدريب، يُستعمل تصنيف مُراقَب بواسطة آلات متجهات دعم (SVM). يجري تدريب $N(N-1)/2$ آلة SVM ثنائية بواسطة نوى دوالٍ قطرية الأساس، واحدة لكل زوج من فئات الصور (N=116)، باستعمال مخططات المستطيلات المولّدة من صور التدريب. ثُم تُصنّف صور الاختبار باستعمال آلات SVM الثنائية. وتُنتقى الفئة التي تربح أكبر عدد من المرات بصفتها فئة صورة الاختبار. تُصنِّف هذه المقاربة تصنيفاً صحيحاً نحو 90% من صور الاختبار التي عددها 1000 التي لم تُرَ سابقاً. الزمن الكلي لإجراء المعالجة الأوليّة لـ 11,000 صورة ولتصنيف الصور الألف الأخرى هو نحو 40 دقيقة على الصور ذات المَيْز الكامل، وثلاث دقائق على الصور المصغّرة بنسبة $1/4$، على معالج من نوع dual quad core Intel Xeon 2.33 GHz.

إعادة النظر في فجوة المحتوى

من استعلام الصورة إلى استعلام المنطقة موضوع الاهتمام

كما نوقش أعلاه، فقد حقق الاستعلام صورةً لصورة والاسترجاع أداءً جيداً جداً في العديد من الأعمال الحديثة. ولكن أَيمكن أن يستنتج المرء أنّ المهمة قد أُنجزت ؟ هل تجاوزنا تحدي استرجاع الصورة ؟ في الحقيقة، لقد تطورت أساليب تمثيل الصور وأدوات مقارنة الصور الموافقة (مثل حالة إطار GMM-KL أو سلّة الكلمات وSVM) إلى مستوى مقنع في مهام المقارنة صورة لصورة. الصعوبة الأساسيّة المتبقية في هذا المجال هي أنّ الخبير الطبي لم يقتنع بعدُ. عندما يرى الخبير أمثلة مثل تلك المبينة في الشكل (7) ، يكون تعليقه النموذجي: "حسناً، ولكن ماذا أفعل بهذه القدرة؟ وماذا أحتاج منها؟" ويمكن أن تكون المقولة التي تُلخّص ما سبق كما يلي: تصل مهمة الاسترجاع صورةً لصورةٍ نسبةً عالية من الدقة. ولكن كما هي معرّفة، ليس للمحتوى المعرّف في هذه المهمة أية أهمية للمجتمع الطبي. وعلاوة على ذلك، عندما تكون صورة الاستعلام الداخلة صورة مشوشة، تكون صور الإجابة أقل تناسقاً وفائدة للمستعمل. يُبين الشكل (10) مثالاً على استرجاع على أساس البقع في حالة صورة استعلام ذات ضجيج وضعيفة التباين. صورة الدَخل مُبيّنة في الأعلى إلى اليسار. والإجابات المُستَرجَعة مبينة مرتّبة من الأعلى إلى الأسفل، ومن اليسار إلى اليمين. وتمكن رؤية العديد من النتائج الخاطئة.

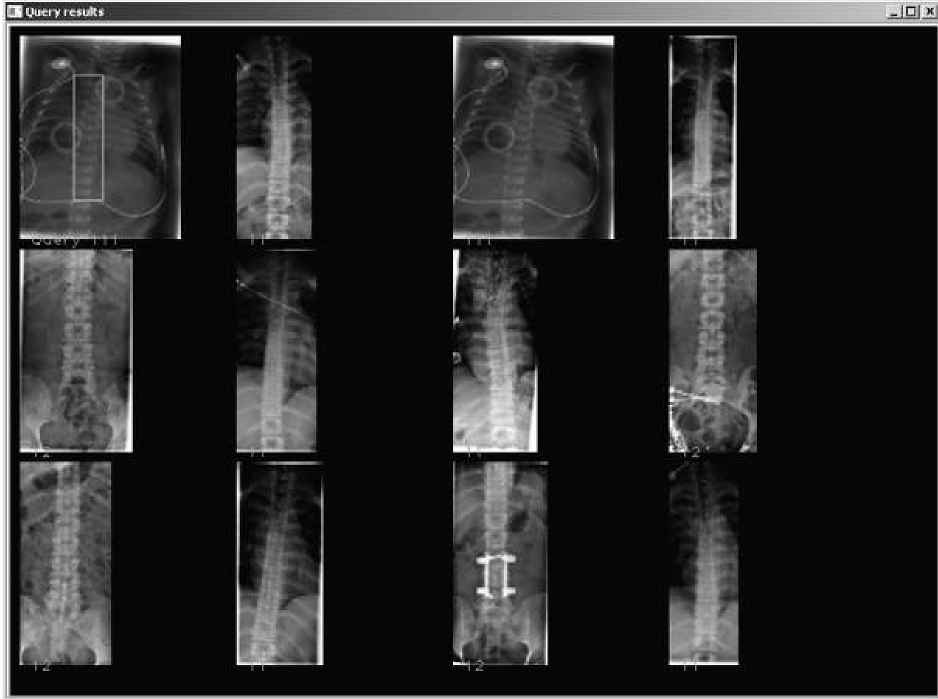
الشكل (10). مثال على استرجاع صورةٍ لصورة في حالة سيناريو مع ضجيج. توجد صورة الاستعلام إلى اليسار في الأعلى، وهي صورة مشوشة ضعيفة التباين. نتائج الاسترجاع مرتبة تبعاً لشبهها مع صورة الاستعلام من الأعلى إلى الأسفل ومن اليسار إلى اليمين. القليل من الصور تنتمي إلى الفئة نفسها، وبعض الصور المسترجعة تنتمي إلى فئات مختلفة كلياً.



يُعد مفهوم استرجاع المنطقة موضوع الاهتمام (Region-of-interest) (ROI) خطوة إلى الأمام في مجال استرجاع الصور الطبية. تُعرَّف المهمة في هذا السيناريو كما يلي: يُحدّد الخبير البشري منطقة موضوع الاهتمام في صورة معطاة. يمكن أن تكون هذه منطقة تشريحية معيّنة ضمن الصورة أو منطقة مريضة ذات اهتمام. وعندها يعطي النظام أفضليةً لنتائج الاسترجاع بأن يتطلب ثقة عالية ضمن منطقة ROI وأفضلية ضعيفة (أو

لا تهتم) للمناطق خارج الحدود المعلَّمة. تمثل مهمة استعلام المنطقة موضوع الاهتمام واسترجاعها تحدياً لأنها تتطلب وسائل جديدة لتمثيل منطقة داخل صورة، ووسائل جديدة لمقارنة تمثيل منطقة مع تمثيل صور كاملة ضمن الأرشيف. يُبين الشكل (11) مثالاً على استعلام ROI والاسترجاع الموافق. لا تحوي الصورة الأصلية المضجّة (الأعلى يساراً) معلومات متناسقة. يُحدد المستعمل المنطقة موضوع الاهتمام ضمن المشهد المُضجّ (العمود الفقري). تجري المقارنة مع هذه المنطقة فقط ويجري استخلاص نتائج استرجاع مقنعة، يحوي كل منها تشريح عمود فقري كما هو مطلوب. لقد وفرت عملية انتقاء المنطقة موضوع الاهتمام الوسائل للتغلّب على المميزات المُضجّة للصورة. تبدو النتائج أكثر تناسقاً من نتائج استرجاع الصورة الكاملة في الشكل (10). زمن الاستعلام هو نحو 100ms، وهذا ما يجعل هذه المُقاربة عملية في حالة الأنظمة التفاعلية الواسعة النطاق.

الشكل (11). استرجاع ROI. يُشير الخبير الطبي بواسطة مستطيل أحمر إلى أنه مهتم بالعمود الفقري. مُركزاً على هذه الـ ROI فقط، ثَمّ يسترجع النظام الصور التي تحتوي على مناطق ROI مُشابهة. جميع صور الإجابة تحوي عموداً فقرياً، بعكس حالة نتائج الصور الكاملة في الشكل (10) (Avni, et al., 2008).



مناقشة إضافية وخاتمة

لقد استعرضنا في هذه الورقة تنوعاً للإمكانات المتاحة بهدف استرجاع المحتوى المرئي في الأرشيفات الطبية الكبيرة، بدءاً بالاسترجاع على أساس المَعالم، حيث يجري فيه الاستعلام باستعمال معالم معيّنة ضمن محتوى الصورة، ومروراً باسترجاع الصور على أساس الاستعلام بالصورة ويتطلّب مقارنة الصور صورة لصورة، وأخيراً جرى إدخال مقارنة أجزاء الصور لدعم الاستعلام على أساس المناطق موضوع الاهتمام.

لقد عُرضت دراسة تعاونية امتدّت على عدّة سنوات مع فرق NCI وNLM في NIH. في هذه الدراسة جرى تحليل أرشيف كبير من صور عنق الرحم لتمكين الاسترجاع على أساس المَعالم، وذلك بهدف دعم أساليب جديدة ومتقدمة للتدريب في هذا الحقل وتطوير الأبحاث وفهم المرض. ومن المتوقّع أنّه ما إن تُنجز إمكانية إجراء التحليل بأسلوب مؤتمت، حتّى تُكتشف ارتباطات بين الموسطات الهندسية (المستخلصة من المعطيات المرئية) ومرحلة تقدم المرض، ويصبح التشخيص المتقدم أسهل لتمكين مراقبة مستقبلية على مستوى العالم للمرض. تتطلّب أتمتة إجرائية استخلاص المعالم ضمن صورة من الأرشيف: الاكتشاف والتقطيع والتكميم وهي جميعاً تحديات خوارزمية كبيرة. وما إن تنزاح مهمة الاسترجاع إلى مهمة تقطيع للصورة حتى تتطلب تطويراً على مدى عدة سنوات لأدوات تقطيع متينة بشكل كاف. تحتاج أدوات التحليل المطوّرة أن تكون من المتانة بحيث تتعامل مع التغيّريّة الكبيرة المعروف بوجودها في الصور ضمن أرشيف NIH؛ وعلاوة على ذلك، يجب أن تكون الأدوات عامّة بقدر كافٍ لتسهيل التحليل عبر أرشيفات إضافية مشابهة لصور عنق الرحم. هناك افتراض أساسي في هذا الاستعراض، هو أنّه على الرغم من الأهمية الطبية الملموسة لأغراض التدريب والبحث والتشخيص، إلاّ أن أنظمة استرجاع الصور على أساس المَعالم المؤتمتة بالكامل تتطلّب عنصراً قوياً من تقطيع الصورة، وما إن تدخل على الخط مهمة تقطيع الصورة حتى تتطلب عدة سنوات من معالجة الصور العالية المستوى والتحليل قبل أن نتعرّض فعلياً إلى مسألة الاسترجاع على أساس المحتوى CBIR نفسها. وفي الأعمال التي أجريت حتى يومنا هذا، تمّت الدراسات الأولية حول قدرات CBIR على مجموعات صور مقطّعة يدوياً. لقد تطوّرت قدرات التقطيع المؤتمت تطوراً ملموساً، والهدف هو زيادة الأتمتة في إجرائية CBIR في المستقبل القريب.

التمثيل هو المسألة الكبرى في حالة المقارنة صورةً لصورة. وتمكن رؤية انزياح، في هذا الاستعراض المقدّم، من التمثيل المنقطع (مخطط قيم الشدّة) إلى تمثيل مستمر (GMM)، وعودة إلى المنقطع (البقع). وهناك مميزة إضافية مهمّة هي حول كون التمثيل

شاملاً أو موضعياً. تجمع نمذجة صورة بواسطة تمثيل GMM وصف المناطق الموضعية مع الصياغة الشاملة للصورة. توفر المزائج الغاوسيّة الموضعية تمثيلاً متراصّاً للصورة في فضاء القَسَمات. وجوهرياً تكون المقارنة بين نماذج GMM للصور مقارنة للصور نفسها. وعندما تضاف معلومات مكانية إلى النموذج، يُحافظ التمثيل على العلاقات المكانية بين المناطق بطريقة ضمنيّة. إذاً، تكون المميزات المكانيّة للصورة مشمولة ضمن التمثيل الشامل. ولقد جرى توسيع إطار عمل GMM-KL لتشمل نمذجة الفئات والمقارنة صورة لفئة.

في التمثيلات على أساس البقع ومقاربات التصنيف على أساس سلّة القَسَمات، يجري الجمع بين المعلومات الموضعيّة (البقع) والمعلومات الشاملة (إحصائيات البقع الشاملة). وغالباً ما يجري اختيار فضاء القَسَمات بدائياً جداً (مجرد قيم وحدات البكسل). التمثيل تمثيلٌ منقطعٌ بواسطة مخطط مستطيلات، حيث المستطيلات هي أدلّة الكلمات (وليست تقطيعاً لقَسَمة مستمرة). تجعل هاتان المركّبتان المفتاحيّتان من هذا الأسلوب أسلوباً فاعلاً جداً، ومن ثَمّ تمكنان من استخلاص متجهات قسمات على نطاق واسع (أبعاداً وأعداداً) ومقارنتها، وتتيح تحقيق سيناريو حقيقي للتعلّم بالأمثلة. لقد استعرضنا في هذا العمل عدداً من الأعمال الأوليّة التي تستعمل هذه الأدوات في المجال الطبي. ولقد أُشير إلى تحقيق نسبة تصنيف عالية في جميع هذه الأعمال. السرعة هي مميّزة واعدة إضافية. نحتاج إلى إطارات زمنية قصيرة جداً لتحليل أرشيفات صور واسعة النطاق. هذه النتائج مشجعة جداً وتشق الطريق لضم الأدوات المُطوّرة إلى البيئة السريرية.

المراجع

Avni, U., Goldberger, J and Greenspan, H. (2008). Efficient Medical Image Classification – Local Patches Approach. TAU Internal Report.

Belongie, S., Carson, C. Greenspan, H. and Malik, J. (1998). Color and texture-based image segmentation and its application to content based image retrieval, in *Proc. of the Int. Conference on Computer Vision*, pp. 675–682.

Bishop, C. M. (1995). *Neural Networks for Pattern Recognition*. Oxford University Press.

Bosch Rué, A. (2008). Image classification for a large number of object categories, PhD Thesis, Appendix B.

Cover T. M. and Thomas, J. A., (1991). *Elements of Information Theory*, New York: Wiley.

Deselaers, T. et al. (2006). Sparse patch– histograms for object classification in cluttered images. In *DAGM 2006, Lecture Notes in Computer Science*, Berlin, Germany, 4174, 202–211.

Deselaers, T., Hanbury, A., Viitaniemi, V., Farquhar, J. D. R., Brendel, M., Daróczy, B., and et al., (2007). Overview of the ImageCLEF 2007 object retrieval task. In Working Notes of the 2007 CLEF Workshop, Budapest, Hungary.

Deserno, T. M., Antani, S., and Long, R. (2008). Ontology of Gaps in Content-based Image Retrieval. *Springer Journal of Digital Imaging*, pp. 1-14.

Dvir, H., Gordon, S., and Greenspan, H. (2007). Illumination correction for content analysis in uterine cervix images. *Proc. of IEEE WS Mathematical Methods in Biomedical Image Analysis (MMBIA)*, 95-95.

Fei-Fei, L. and Perona, P. (2005). A Bayesian Hierarchical Model for Learning Natural Scene Categories. *Proc. of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*: 524-531.

Flickner, M., Sawhney, H., Niblack, W., Ashley, J., Qian Huang; Dom, B., et. al. (1995). Query by image and video content: the QBIC system. *IEEE Comput*, 28(9), 23–32.

Goldberger, J. Greenspan, H. and Dreyfuss, J. (2008). Simplifying Mixture Models Using the Unscented Transform, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*: 30(8): 1496-502.

Gordon, S., Zimmerman, G., Long, L. R., Antani, S., Jeronimo, J., and Greenspan, H., (2006). Content analysis of uterine cervix images: Initial steps

towards content based indexing and retrieval of cervigrams. *Proc. of SPIE medical imaging*, 6144, 1549-1556.

Gordon, S., and Greenspan, H. (2007). Segmentation of non-convex regions within uterine cervix images. *Proc. of IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (IEEE_ISBI)*, 312-315.

Greenspan, H. and Pinhas, A. (2007) Medical image categorization and retrieval for PACS using the GMM-KL framework. *IEEE Trans. on Information Technology in BioMedicine*, 11(2),190-202.

Greenspan, H., Goldberger, J. and Ridel, L. (2001). A Continuous probabilistic framework for image matching. *Journal of Computer Vision and Image Understanding*, 84(3),384-406.

Huang, J. et al., (1997). Image indexing using color correlograms. *Proc. of the IEEE Comput*. Vision Pattern Recognition, 762–768.

Jeronimo, J., Castle, P. E., Herrero R., and R. D. Burk, R. D., and Schiffman,M. (2003). HPV testing and visual inspection for cervical cancer screening in resource-poor regions. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*, 83, 311-313.

Jiang Y-G, Ngo C-W and Yang J. (2007): Towards optimal bag-of-features for object categorization and semantic video retrieval. *CIVR* 2007: 494-501

Kimmel, R. (2003). *Fast Edge Integration. Geometric Level-Set Methods in Imaging, Vision and Graphics*, New-York: Springer-Verlag.

Kullback, S. (1968) *Information Theory and Statistics*, Dover, New York.

Lehmann T. M. et al. (2005). Automatic categorization of medical images for content-based retrieval and data mining. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 29(2),143-155.

Lehmann, T. M., Antani, S., and Long, R., (2004). Content-based image retrieval in medical applications. *Methods of Information in Medicine*, 43(4), 354-361.

Lehmann, T. M., Wein B., Dahmen J., Bredno J., Vogelsang F., and Kohnen M. (2000). Content based image retrieval in medical applications a novel multi-step approach. *Proceedings SPIE*, 3972, 312-320.

Leung, T. and Malik, J. (2001). Representing and recognizing the visual appearance of materials using three-dimensional textons. *IJCV*, 43(1), 29–44.

Long, L. R., Antani, S., Jeronimo, J., Schiffman, M., Bopf, M., Neve, L., et al., (2006). Technology for medical education, research, and disease screening by exploitation of biomarker in a large collection of uterine cervix images. *Proc. of the 19th IEEE Symposium on Comuter-Based Medical Systems (CBMS)*, 826-831.

Lotenberg, S., Gordon, S., and Greenspan, H. (2008). Shape priors for segmentation of the cervix region within uterine cervix images. *Journal of Digital Imaging*, accepted for publication.

Lowe. D. (1999) Object recognition from local scale-invariant features. In *Proc. ICCV*, pages 1150–1157.

Ma W. and Manjunath, B. (1997) Netra: A toolbox for navigating large image databases, in *Proceedings of IEEE Int. Conf. on Image Process*. 568–571.

Massad, L. S. (2006). American Society for Colposcopy and Cervical Pathology and the National Institutes of Health explore research collaboration. *J Low Genit Tract Dis*, 10(1), 1-2.

Müller, H., Michoux, N., Bandon, D., and Geissbuhler, A. (2004). A review of content-based image retrieval systems in medical applications—Clinical benefits and future directions. *Int J Med Inform* 73(1), 1-23.

Nowak E., Juriel, F., and Triggs, B. (2006). Sampling strategies for bag-of-features image classification. In *ECCV* 06, 406-503.

Pass, G. and Zabih, R. (1999). Comparing images using joint histograms. *Multimedia Systems*, 7, 234–240.

Puzicha, J., Buhmann, J. M., Rubner, Y., and Tomasi, C. (1999). Empirical evaluation of dissimilarity measures for color and texture. *Proceedings of the Int. Conference on Computer Vision*, 1165–1172.

Rubner, Y. (1999). *The Earth Mover"s Distance as a Metric for Image Retrieval*, Ph.D thesis, Stanford University.

Schiffman, M. and Castle, P. (2003). Human papillomavirus. *Archives of Pathological Laboratory Medicine*, 127, 930-934.

Sivic, J. and Zisserman, A. (2003). Video Google: A Text Retrieval Approach to Object Matching in Videos. *Proc. Ninth Int"l Conf. Computer Vision*, 1470-1478.

Smeulders, A.W. M., Worring, M., Santini, S., Gupta, A., and Jain, R., (2000). Content-based image retrieval at the end of the early years. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 22(12), 1349-1380.

Smith J. R. and Chang, S. F. (1999). Integrated spatial and feature image query. *Multimedia Systems*, 7, 129–140.

Stricker M. and Dimai, A. (1997). Spectral covariance and fuzzy regions for image indexing. *Mach.Vision Appl*. 10(2), 66–73.

Swain M. J. and Ballard, D. H., (1991). Color indexing. *Internat. J. Comput. Vision*, 7, 11–32.

Tommasi, T., Orabona, F. and Caputo, B. (2007) CLEF2007 Image Annotation Task: an SVM–based Cue Integration Approach. In Working Notes of the 2007 CLEF Work-shop, Budapest, Hungary.

Vapnik, V. (1995). *The Nature of Statistical Learning Theory*. Springer Verlag, New York.

Varma, M. and Zisserman, A. (2003) Texture classification: are filter banks necessary? In *CVPR03*, pages II: 691–698.

Xue, Z., Long, L. R., Antani, S., Jeronimo, J., and Thoma, G. R., (2008). A Web-accessible contentbased cervicographic image retrieval system. *Proc. of SPIE medical imaging*.

Zimmerman G., and Greenspan, H. (2006). Automatic detection of specular reflections in uterine cervix images. *Proc. of SPIE Medical Imaging*, 6144, 2037- 2045.

Zimmerman G., Gordon, S., and Greenspan, H. (2006). Automatic landmark detection in uterine cervix images for indexing in a content-retrieval system. *Proc. of IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (IEEE_ISBI)*, 1348-1351.

لقد نُشر هذا العمل سابقاً في:

International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics,

Volume 4, Issue 1, pp. 68-87,

الفصل السادس

وضع المحتوى في السياق: القَسَمات والفجوات في استرجاع الصور

هنينغ مولر

جامعة ومشافي جنيف وجامعة العلوم التطبيقية، سويسرا

جاياشري كالباثي كرامر

جامعة أوريغون للعلوم والصحة، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

تصبح الإدارة الرقمية للصور الطبية مهمة على نحو متزايد مع النمو المتسارع لعدد الصور المأخوذة في البيئة الطبية كل يوم. ولقد دُرست دراسة معمقة أساليب استرجاع الصور على أساس المحتوى أو التقنيات على أساس نموذج الاستعلام بمثال في مجال الرؤية الحاسوبية. ولكن، غالباً ما لا تتوافق القَسَمات الشاملة المرئية المنخفضة المستوى المُستَخلَصَة بهذه الخوارزميات مع المفاهيم العالية المستوى التي تكون في ذهن المستعمل عند قيامه بعملية البحث. يمكن أن يكون دور استرجاع الصور في التشخيص الطبي معقداً جداً، ما يجعل من الصعب على المستعمل أن يعبّر عن المعلومات التي يحتاجها بأسلوب مُناسب. يحتاج استرجاع الصورة في الطب أن يتطوّر من كونه استرجاعاً مرئياً بحتاً إلى استرجاع أكثر شمولاً، بمقاربة تعتمد الحالة وتضمّ مصادر معطيات متنوعة

متعددة الوسائط. وتشمل هذه صوراً متعددة، ونصّاً حراً، ومعطيات ذات بنى، بالإضافة إلى مصادر معرفة خارجية ووجوديات.

مقدمة

لقد أصبحت الأرشيفات الرقمية المتعددة الصيغ موجودة في كل مكان مع النمو السريع للإنترنت، والقدرة الحسابية المتوافرة، وغير ذلك من التطورات التقانية، وهذا ما قاد إلى توليد كميات هائلة من المعطيات المتعددة الصيغ في مجتمع المعلومات. وتشمل أكثر صيغ المعطيات هذه شيوعاً، المعطيات ذات البنى، والنص الحر، والصوت والصور والفيديو وبالطبع تراكيب من كل ما سبق. أمّا الحاجة لوسائل مؤتمتة أو نصف مؤتمتة لتنظيم قواعد معطيات هائلة تحوي مكوّنات ذات بنى و من دون بنى في هذه البيئة المتعددة الصيغ، فقد زادت على نحو انفجاري مع تجاوز سرعة توليد قواعد المعطيات هذه كلّ المعدّلات الاستباقية.

الصور في الممارسة السريريّة

لقد أصبحت الصور الطبية مكوّناً جوهرياً في الممارسة السريرية والبحث العلمي (Bui,Taira, Dionisio, Aberle, El-Saden and Kangarloo, 2002). وبسبب التقدم في تقانة الصور الطبية، يجري توليد وتخزين كميات كبيرة من الصور الطبية تغطي تنوعاً كبيراً من الحالات. ويزداد هذا التنوع بثبات مع تطوير تقنيات تصوير جديدة (عوامل تباين جديدة، مَيْز أعلى، مقاطع أكثر رقّة) ومع تركيب الصيغ مثل PET\CT، وهذا ما يجعل من الصعب على المُمارسين السريريّن فهم جميع مصادر المعلومات المتوافرة فهماً حقيقياً. حتّى إنّ تجميع جميع مصادر المعلومات المتوافرة لمريض واحد هو أمر أكثر صعوبة إذ تبين الأبحاث النفسيّة بوضوح أنّ البشر يستطيعون مُكاملة عدد صغير نسبياً من مصادر المعلومات فقط، من 3 إلى 7 تبعاً للاختبارات (Miller, 1956; Cowan, 2001). أمّا الوصول إلى هذه المعطيات في السجل الإلكتروني للمريض من قِبَل جميع

الممارسين السريريين فهذا ما يجعل الوضع أكثر سوءاً إذ لا ينفذ إلى هذه المعطيات المختصون فقط بل جميع العاملين السريريين (Haux, 2006). مما لا شك فيه أن الإدارة الفعلية لهذه المعطيات المرئية، التي تشمل صور الأشعة السينية، وصور المسح الطبقي المحوسب (CT)، وصور الرنين المغناطيسي (MRI) ومصادر التصوير غير الشعاعي، هي أمرٌ لا مفرّ منه لجعل الفائدة من الصور المجمّعة أعظمية بهدف أمثَلَة دقة وفعالية الخدمات الصحية. تحمل الصور معلومات أكثر للباحث الطبي أو المُمارِس مما يمكن تلخيصه في تقرير مختصر أو تعليق. يعتمد التشخيص الحرج والقرارات التدخُّليّة على الصور الرقمية التي تؤخذ لمريض بعينه وهي غالباً ما تُقيّم بالمقارنة مع الحالات التاريخية التي جُمّعت إفرادياً أو مؤسساتياً كما في حالة نظام Casimage[1] (Rosset, et al., 2004).

لا يمكن لنظام استرجاع صور طبية فعلي أن يؤدي دوراً أساسياً في العناية السريرية فحسب بل يمكنه أن يساهم مساهمة كبيرة في الأبحاث الطبية من طريق السماح للباحثين بتحديد صور الحالات ذات الصلة بفاعلية ودقة أكبر. ويمكن أن يكون فائقَ الفائدة لطلاّب الطب، بالإضافة إلى فائدته للمرضى وللعموم في تحديد المعلومات ذات الصلة بصحتهم. ولكن، هناك دراسات قليلة فقط نظرت إلى سلوك المستعمل في حالة مستعملي نظام استرجاع الصور. لاحظت هذه الدراسة أنّ العديد من المُمارسين السريريين قد خزّنوا صوراً مرجعية لحالات سابقة، في حواسيبهم الشخصيّة في الغالب، وغالباً ما يجري البحث في هذه الصور تِبعاً لنوع الإصابة وليس للمنطقة التشريحية أو الصيغة حيث لا يؤخذان عند تصنيف الصور.

تقنيات استرجاع الصور

تقليدياً، كانت أنظمة استرجاع الصور تعتمد النصوص (Enser, 1995)، وتستند إلى التعليقات أو العناوين المرتبطة بالصور بصفتها مُدخلات نظام الاسترجاع. ولكن هذه التقانة قاصرة من عدّة جوانب: **1)** التعليقات في الغالب غير موضوعية وحساسة للسياق؛

2) مهمّة الفهرسة اليدوية تتطلّب الكثير من الزمن والجهد وهي عرضة للأخطاء؛ **3)** المعلومات الموجودة في الصورة أكبر من أن تُلخّص بعدد محدود من الكلمات.

في التطبيقات السريريّة، مُعظم الفرق الطبية تسترجع الصور باستعمال هوية مريض أو دراسة في أنظمة اتصال وأرشفة صور (PACS). وعليه يكون معظم النفاذ إلى الصور ضمن هذا السيناريو مركّزاً تركيزاً بحتاً على المريض ولا تؤخذ في الحسبان أبداً تلك المعرفة المهمة المخزّنة في حالات مرضى آخرين. ولكن، جرى التعبير عن الحاجة لأنظمة استرجاع ذات مواصفات تتجاوز قدرات أنظمة PACS المعيارية مرات عديدة (Müller, Michoux, Bandon and Geissbuhler, 2004; Lowe, Antipov, Hersh and Smith 1998) (Traina, Marques and Trana, 2006). وهذه تشمل البحث وفق المنطقة التشريحية، والمرض، والتشابه المرئي، والصيغ المتعددة المركّبة لإيجاد الحالات المتشابهة وقدرات البحث على أساس الحالة. تقترح النتائج الحديثة أن المُقاربة المتعددة الصيغ التي تجمع القَسَمات المرئية والنصيّة مُقاربة واعدة، وهي تؤدّي عادة إلى أفضل النتائج الكليّة (Hersh et al., 2006; Clough et al., 2006).

يمكن استعمال نتائج الاسترجاع المرئي لإعادة ترتيب الصور المسترجَعَة بواسطة النصوص ويمكن لهذا أنّ يُحسّن الدقّةَ في البدء تحسيناً ملموساً (Hersh, Kalpatly-Cramer and Jensen, 2006). في المثال كانت قيمة P5 في حالة التنفيذ المختلط 0.55 في حين كانت أفضل قيمة حققها نظام نصي على أساس MAP هي 0.45؛ عند الترتيب بواسطة MAP تكون النتيجة مقلوبة فنحصل في حالة النظام الأوّل على قيمة MAP قدرها 0.15 وفي حالة الثاني 0.21. هناك مقاربة أخرى موصوفة في (Depeursinge, et al., 2008)، حيث المواصفات السريريّة مشمولة في تصنيف المناطق موضوع الاهتمام في صور CT للرئة. لقد تبين أنّ هذا يُحسّن نتائج التصنيف من 84% إلى 91%. لقد كانت معظم القَسَمات السريريّة متمّمة للقَسَمات المرئية ولكن وُجدت ارتباطات قوية أيضاً. تستعمل مُعظم المُقاربات الأخرى حالياً تراكيب خطية للاسترجاع المرئي والنصّي ثُمّ تُجمّع النتائج. عادة، يجب أخذ الكثير من الحذر في اختيار طريقة تجميع النتائج. إذْ ليس

لجميع الأنظمة المُجمّعة نتائج أفضل من الاسترجاع النصّي لوحده. يمكن قراءة المزيد عن هذا في (Müller et al., 2008).

الاسترجاع على أساس المحتوى

لقد قاد التطوّر في مجال الرؤية الحاسوبية إلى طرائق لاستعمال الصورة نفسها بصفتها كائن البحث نفسه منذ بداية الثمانينات من القرن الماضي (Chang and Fu, 1980). يمكن استعمال أسلوب الاستعلام بمثال في حالات يستطيع فيها المستعمل أن يُعبّر عن المعلومات التي يحتاجها بأسلوب مُناسب وبطريقة دلاليّة أو حيث لا يسمح النظام بالبحث عن هذه العبارات الدلاليّة (مثلاً: أظهرْ لي صور الأشعّة السينية للرئة المشابهةِ لتلك المأخوذة لمرض السلّ). يُمكن أن يُطرح مثل هذا التساؤل عندما لا يكون الباحث مطّلعاً على ما هو موجود في صورة ما، كما هو حال مُمارس سريري ليس واثقاً من تشخيصه، أو حال باحث لغته ألمانية يبحث عن صور ضمن مجموعة صور إنكليزية، أو إذا لم يكن سهلاً تلخيص مفهوم الصورة.

لقد نشأ استرجاع الصورة على أساس المحتوى (CBIR) بصفته نتيجة طبيعية لهذه الحاجة، وتطوّر على نحو ملموس في العقد الماضي. في حالة استرجاع الصورة على أساس المحتوى، يجري تلخيص المعلومات المرئية من الصورة بأسلوب رياضياتي وتُقارن مع الملخصات المماثلة لجميع صور قاعدة المعطيات. وتقدّم للمستعمل قوائم مرتّبة بالصور الأكثر شبهاً للصورة المثال. انطلاقاً من مقياس تشابه معطى، تجري مقارنة صورة استعلام مع كل عنصر من قاعدة المعطيات لتعيين قائمة مرتبة للعناصر الأكثر شبهاً بها من الناحية المرئية، وتقدّم للمستعمل مع الأمل بأن تكون القَسَمات ومقياس المسافة المستعملة متفقةً مع التوقعات المرئية للمستعمل.

يمكن للقسمات المستعملة في حالة CBIR أن تكون موضعية (أي تتعلّق بمنطقة صغيرة من الصورة فقط) أو شاملة (أي تتعلّق بالوضع العام للصورة). وهي في أغلب

الأحيان تشمل توصيفات على أساس لون وشكل وبنية الصور. يمكن أن تشتمل على قَسَمات لون مثل مخططات تكراريّة، وقَسَمات بنيوية مثل تلك التي تعتمد على المويجات، ومصفوفات الظهور المشترك، وقسمات الشكل، والنقاط البارزة ومخططات البقع ونقاط أخرى عديدة.

التقييم في استرجاع الصور

لكي نتمكّن من مقارنة التقنيات الحالية على أساس قواعد المعطيات والمهام نفسها، بدأت في السنوات القليلة الماضية عدّة مبادرات. في السابق، كان تعيين تقنيات جيدة أو واعدة مستحيلاً تقريباً لأنّ كلّ واحد كان يستعمل مجموعات معطيات مختلفة وطرائق تقييم مختلفة (Müller, Müller, Squire, Marchand-Maillet and Pun, 2001). توجد عدّة أمثلة للتقييم على أساس مجموعات معطيات أو مهام غير حقيقية (Deserno, (Antani, Long, 2007) (Müller and Rigoll, 1999). لعلّ أوّل مُبادرة فاعلة هي مبادرة (Benchathlon)[2]، التي حدّدت قيود تقييم مهمّة ومجموعات معطيات شائعة. أكثرها نجاحاً هو بالتأكيد TRECVID (Smeaton, 2007) مع أكثر من مئة فريق بحث مشترك في عام 2008. ولقد بدأت (ImageCLEF)[3] بصفتها جزءاً من (Cross Language (CLEF) Evaluation) في 2004، ولقد أضيف منذ عام 2005 اختبار معياري لاسترجاع الصور الطبية (17). وتشتمل اختبارات معيارية أخرى حول استرجاع الصورة على (ImageEVAL)[4] و(INEXMM) (Westerveld and Van Zwol, 2006).

التحديات في مجال استرجاع الصور الطبيّة الحالي

لا يزال استرجاع الصور العمومي الغرضَ في معظم التطبيقات التجارية مثل صور Google[5] أو Yahoo![6] يجري بواسطة التعليقات النصيّة المرافقة للصورة، والتقنيات الخاصّة جداً فقط مثل اكتشاف الوجوه مشمولة حالياً في محركات البحث هذه. إنّ هذا صحيح أيضاً في حالة محركات البحث عن الصور الطبية على الخط مثل

(Goldminer)[7] أو عند البحث في قواعد المعطيات أو الحالات على الخط مثل (MyPACS)[8] أو مركز موارد الصور الطبية (Medical Imaging Resource Center) (MIRC)[9]. ولكنّ هذه الأنظمة محدودة بنوعيّة (وأحياناً أيضاً بكمية) التعليقات. يمكن أن تكون القدرة على البحث عن صور مُشابهة من الناحية المرئية أمراً قيّماً في عدّة سيناريوهات، مثلاً عندما تتوفر لدينا حالة جديدة ولكن دون وجود فكرة واضحة عن التشخيص. في التعليم، البحث عن صور متشابهة مع تشخيصات متنوعة مهم أيضاً ولا يمكن حالياً أن يُغطى بواسطة أي وسائل نصّية.

بدأت أنظمة CBIR الطبية تشق طريقها، ولكن على نحو محدود وبتوجّه بحثي أساساً (Aisen et al., 2003). ولكن، معظم تقنيات استرجاع الصور الطبية متأخرة على نحو ملموس عن نظيراتها النصيّة في القدرة على التقاط الجوهر الدلالي في استعلام المستعمل(Müller, et al., 2004). ويبقى تلخيص الجوهر الدلالي لصورة موضوع تحدٍّ بحثي. يمكن أنّ تكون الفائدة من أنظمة CBIR المرئية البحتة محدودة في الممارسة السريرية بسبب الفجوات الدلاليّة والحسيّة (Smeulders,Worring, Santini, Gupta and Jain, 2000؛ وهناك عدّة تحديات أخرى في حالة استرجاع الصورة معرّفة ومصنّفة أيضاً في المرجع (Deserno, Antani, and Long, 2008). في هذه الورقة، سنصف أساساً فجوة المحتوى التي تشمل فعلياً السياق السريري وكذلك نجد فجوتي قابليّة الاستعمال والقَسَمات بصفتهما جزءاً من المسائل الموصوفة في هذه الورقة.

الفجوة الحسيّة

لقد استُعرضتْ السنوات الأولى من CBIR بأسلوب شامل نسبياً في (Smeulders et al., 2000. ولقد حُدّدت هوية الفجوة الحسيّة بصفتها تمثل الفرق بين "الغرض في العالم الفعلي والمعلومات في الوصف الحسابي المشتق من تسجيل لمشهد". ونجد تجلياً للفجوة الحسيّة في حالة الصور الطبية في الفرق بين ورم فعلي في العالم الفيزيائي وكيفية تصويره في صيغ مختلفة (مثل CT أو MRI) أو مشاهد (عرضانية أومستلقية). تمتلك

الصور الشعاعية بصفتها تمثيلاً ثنائي الأبعاد للعالم الثلاثي الأبعاد، مع العديد من البنى المتداخلة، ضياعاً كبيراً جداً في ما يتعلق بالفجوة الحسيّة.

الفجوة الدلالية

تطرح الفجوة الدلالية واحداً من أكبر التحديات بإنشاء محرك استرجاع صور مفيد. ولقد حدّد (Smeulders et al., 2000) الفجوة الدلالية بصفتها "عدم وجود توافق بين المعلومات التي يمكن للمرء أن يستخلصها آلياً من المعطيات المرئية والتفسير الذي تحمله هذه المعطيات نفسها لمستعمل معطى وفي وضع معطى". يمكن في حالة الصور الطبيّة أن تُظهِر الفجوة الدلالية نفسها بأنها الفرق بين الصورة وتفسيرها من قبل طبيب، بما يشمل سوابق المريض، ونتائج الفحص المخبري، وربما فحوصات أخرى. يمكن للصورة نفسها أن تُفسّر على نحو مختلف تبعاً للطبيب، وتدريبه، وخبرته، وتجاربه، والسياق الذي أُخذت فيه الصورة والمريض.

ويبقى البحث لمحاولة إغلاق الفجوة الدلالية سعياً مستمراً في مجال استرجاع الصورة عموماً (Wang and Manjunath 2003; Dori, 2000). لا تتفق القسمات المنخفضة المستوى المُستخلَصَة آلياً بالضرورة مع المفاهيم ذات المستوى المرتفع التي تكون في ذهن المستعمل عند البحث. وفي CBIR، تبقى الفجوة الدلالية بين القسمات المنخفضة المستوى لصورة والمفاهيم العالية المستوى التي تمثلها صورة لمستعمل بعينه تحدياً وكذلك تبقى مسألة قابليّة توسيع نطاق الحلول لتشمل مصادرةً متنوعة للتغيّريّة في قواعد معطيات صور واسعة السياق. عموماً، يعتمد التوزيع الاحتمالي للمفاهيم العالية المستوى انطلاقاً من القَسَمات المنخفضة المستوى لصورة، أو المعطيات المتعددة الصيغ، اعتماداً كبيراً على هدف المستعمل.

تحديات أخرى وقصورات في استرجاع الصورة

لم يحظَ استرجاع الصورة، بغير حالات استرجاع صور مريض معيّن أو هوية، بأي جاذبية في الممارسة السريريّة. تحتاج الأنظمة السريرية لاسترجاع الصور أن تُكَيَّف لتُلاقي المتطلبات الخاصّة للمستعمل والمجال، ولأن تجري مُكاملتها ضمن مخطط تدفق العمل لتحقيق أفضل فائدة للممارسين السريريين.

بمقارنة استرجاع الصورة واسترجاع النص، لاحظ سمولدرز (Smeulders et al., 2000) عدم وجود فجوة حسيّة في حالة استرجاع النصوص وأظهر الفرق بين الفجوة الدلاليّة في حالة استرجاع النصوص – بين الكلمات المفتاحية والنص كاملاً - وحالة استرجاع الصور. يمكن للفروق في حالة الفجوات الحسية والدلالية بين الاسترجاع النصّي والصوري أن تلقي الضوء على سبب كون أداء أنظمة استرجاع الصور الحالية أقل جودة من الأنظمة النصّية الموافقة.

لقد أجرى مولر (Müller et al., 2004) استعراضاً موسعاً لاستعمال استرجاع الصور في الطب. الأكثر شيوعاً في استرجاع الصور في الطب هو مجال أنظمة أرشفة الصور والاتصال PACS، حيث تُسترجع الصور إما باستعمال اسم المريض أو هوية الدراسة. ولكن دَعَم Müller وزملاؤه فكرة إدخال طرائق استرجاع الصور على أساس المحتوى وأكّدوا إمكانها توفير استعمالات مفيدة للأنظمة الموجودة، وتكمّل استرجاع المعلومات على أساس النص. لقد جرى تحديد المجالات الأساسيّة الثلاثة لتطبيق استرجاع الصور بأنّها التعليم، والبحث العلمي والتشخيص. ويمكن لتطبيق تحليل تفاضلي على أساس الصورة المرئية (المحتوى) أن يُساهم كما يلي: لا تتيحُ القَسَمات المرئية فقط استرجاع حالات مرضى يمتلكون التشخيص نفسه بل أيضاً حالات مُشابهة مرئياً ولكن مع تشخيصات مختلفة. يمكن لهذا السيناريو أن يكون مفيداً جداً في التعليم على سبيل المثال.

ولكن لا يعتقد مُعظم الممارسين السريريين الذين جرى سؤالهم في دراسة (Hersh, Jensen, and Müller, 2005) أنّ أنظمة CBIR في الطب جاهزة لتُستعمل في إطار

العيادات الطبية. ولقد حدّدوا "توصيات لتقنيات بحث غير موجودة ولكن يُنظر إليها بصفتها مفيدةً جداً: البحث تبعاً للإصابة المرضية؛ والبحث وفق صيغ متعددة مجمّعة لإيجاد حالات مُشابهة؛ وفهرسة كامل نظام PACS بواسطة كلمات مفتاحية بما يتعلّق بالإصابة المرضية".

لقد أشار هيرش المستعملون (Hersh, et al., 2005) أنّهم يفضلون أن يتمكنوا من قَصْر عمليات البحث على صيغة للصورة بعينها، أو تشريح أو مرض. ولكن لا تحتوي تعليقات الصور في المجموعات على الخط دوماً على المعلومات المتعلقة بصيغة الصورة أو تشريحها. ومن ناحية أخرى، لا يُعْتَقد أن الأنظمة المرئية البحتة ناضجة بالقدر الكافي لاسترجاع صور فيها إصابة مرضية معيّنة، وخصوصاً في حالة مجموعات صور تحوي تنوعاً من صيغ الصور والأمراض. لقد أثبتت تجربة ImageCLEF بوضوح أنّ الجمع بين الطرائق النصيّة والمرئيّة يمكن أن يحقق فائدة (Müller, et. al, 2007; Hersh, et al., 2006). إنّ دمج تقنيات الاسترجاع المتعدد الصيغ هو موضوع بحث ذو أهمية متزايدة (Datta, Li, and Wang, 2005) لا تقتصر على المجال الطبي فقط (Westerveld, 2000).

دور السياق في استرجاع الصور الطبية

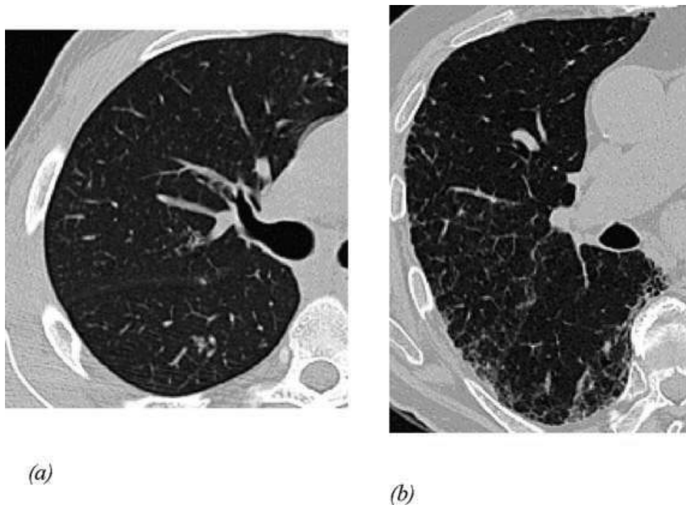
تُركّز الرؤية الحاسوبية عادةً على المسائل المرئية البحتة. ولكن، لا يمكن التقليل من دور السياق في الطب، كما تؤكّد عليه نتائج التصنيف المرئي المبيّنة في الدراسة (Depeursinge, et al., 2008)، حيث حسّنت إضافة موسطات سريرية نتائج التصنيف بمقدار 7%. يحتاج التشخيص أن يُجرى في سياق التاريخ السريري للمرض. ولقد وُصف سابقاً أيضاً مفهوم مُشابه لاسترجاع الصور في مجال غير طبي، حيث استُعمل سياق الصور في النص لتحسين استرجاع الصور المرئية وبالعكس (Westerveld, 2000). لا يمكن أن تُجرى في عزلة على أساس صورة أو سلسلة من الصور فقط. يمكن أن تؤثر صيغة التصوير والمعدات والبروتوكولات وغير ذلك من عوامل الحصول على الصورة

بالإضافة إلى عمر المريض وجنسه وتاريخه السريري جميعاً في تفسير الصورة. إنّه لَمن الصعب على البشر وكذلك على الأنظمة الحاسوبية أن تحاول التشخيص اعتماداً على صورة خارج سياقها السريري.

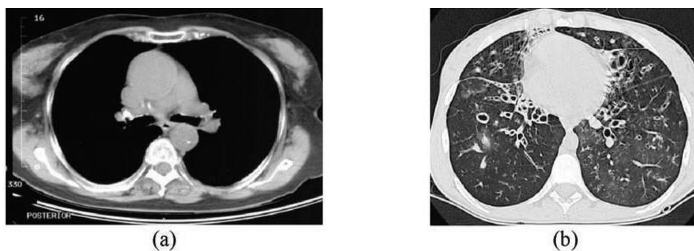
سنستعرض بعض الأمثلة من الممارسة السريرية حيث يصبح دور السياق ظاهراً. يمثل الشكل (1) صورتين CT لرئتين، كلتيهما لأشخاص طبيعيين صحيحين. الصورة على اليمين هي صورة شخص أكبر سناً يمكن أن تكون مشابهة لرئة مصابة في حالة مريض أصغر سناً بكثير. هنا يمكن لسياق عمر المريض أن يغير التشخيص من اكتشاف مرضي إلى اكتشاف طبيعي. يمكننا أن نرى أنّ الكثافة المتوسطة لرئة الشخص الكبير في السن هي أعلى قليلاً مما يضيف إلى الفروقات.

في الشكل (2)، يوفّر الهدف من الدراسة التصويرية السياق الذي يجب من خلاله النظر إلى الصورة. تمتلك صور CT مجالاً ديناميكياً كبيراً. يجب تحديد تفضيلات النافذة/ المستوى على نحو مناسب لتوفير التفاصيل والتباين للعضو موضوع الاهتمام في الدراسة التصويرية. غالباً، ما تُخزّن الصور بصيغة JPEG لأهداف التعليم وعروض المؤتمرات وأيضاً في هذه الحالات تكون تفضيلات النافذة/ المستوى أساسية عند نقل الصورة. وفي حين يكون لصور CT من 1000 إلى 4000 مستوى رمادي، فإنّ لصور JPEG فقط 256 ، ومعظم شاشات الحاسوب لا تستطيع إظهار أكثر من 256 مستوى رمادياً مختلفاً.

الشكل (1) . تبيّن الصورتان تغييرات معنوية في بنية الرئة لشخصين صحيحين بأعمار مختلفة، (a) شخص عمره 25 سنة و (b) شخص عمره 88 سنة.



الشكل (2). مسحا CT للرئة مبيّنان باستعمال تفضيلات نافذة/ مستوى مختلفة بسبب كونهما أُخذا لأهداف مختلفة؛ أخذت الصورة (a) لتحليل المَنْصَف وأُخذت الصورة (b) لتحليل النسيج الرئوي. ومع أنّ الصيغة هي نفسها والمنطقة التشريحية هي نفسها ولكن لا معنى لمقارنة هاتين الصورتين المأخوذتين لأهداف مختلفة.



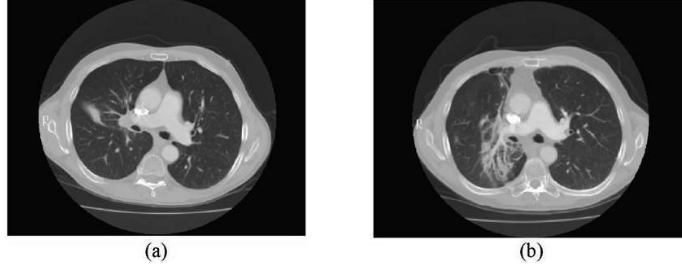
إنّ إعدادات العرض لنسيج الرئة، أو العظم أو النسيج الطري مختلفة ويمكن أن تبدو الصورة نفسها مختلفة تبعاً لشروط أخذها وعرضها. في الصورة على اليمين، يلاحظ

المرء بنية نسيج الرئة، ولكن ليس من السهل رؤية النسج الطرية الأخرى أو العظام، في حين نلاحظ في الصورة على اليسار أنّه من الصعب تمييز نسيج الرئة. إنّ سياق الهدف من الدراسة التصويرية مهمّ في تحديد المرض في الصورة، إذ سيكون المرء غير قادر على العثور على نسيجٍ مريضٍ في الرئة بالنظر إلى صورة كان الهدف من أخذها وعرضها تصوير المَنْصَف (Mediastinum).

في حالة المرضى المصابين بسرطان الرئة، غالباً ما يكون العلاج الشعاعي للصدر جزءاً من خطة المعالجة، والعديد من هؤلاء المرضى يُصابون نتيجةَ ذلك بالتهاب الرئة المعروف باسم بنومونيت (Pneumonitis). وبعض المرضى أيضاً يُصابون بتليّف إشعاعي، وهي ندبات في الرئتين، يمكن أن تُشخّص خطأ بوصفها أمراضاً داخل الرئة إذا جرى تجاهل سياق المريض عند رؤية مسوحات لاحقة للصدر. يُبيّن الشكل (3b) تطوّر تليف إشعاعي على مريض يخضع لعلاج بالأشعة.

هناك أمثلة أخرى عديدة يؤدي فيها السياق دوراً حيوياً في استعمال الدراسات التصويرية للتشخيص والمعالجة. يمكن لآفات التصلّب المتعدّد (Multiple Sclerosis) (MS) أن تُقلّد ورماً دماغياً والعكس صحيح. ويمكن لمصوّر شعاعي ليس على دراية بالتاريخ السريري لمريض مُصاب بمرض MS، أن يُسيء تشخيص آفة مشكوك بها ظاهرة في MRI. يمكن لمشاكل القلب أن تغير أنسجة الرئة، وبوجه خاص، في صور CT للرئة، بسبب التغيرات في تدفق الدم ما يؤدي إلى ازدياد كثافة النسيج، وتشمل المعلومات السياقية الأخرى التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند استرجاع الصور التغيرات في تقنيات أخذ الصور، والمعدات والمَيْز وعوامل التباين والبروتوكولات.

الشكل (3) . تغيرات في صورة الرئة بعد العلاج الشعاعي الصورة **(a)** تُظهر الرئة قبل المعالجة الشعاعية، الصورة **(b)** تُظهر التطور اللاحق لتليّف إشعاعي.



مستقبل إدارة الصور في الممارسة السريريّة:

يمكن أن تكون المُقاربات المتعددة الصيغ لمسألة استرجاع الصور مفيدةً جداً كما رأينا في تجربة ImageCLEF (Müller, et al., 2007; Müller, et al., 2008). بعض أنواع الاستعلام أكثر مُلاءَمَة للتقنيات المرئية في حين يُعالَج بعضها الآخر أفضل مُعالجة بالطرائق النصيّة. غالباً ما تكون المعلومات السريرية غير كاملة، ولا بنية لها، ومتنوعة في مستويات خصوصيتها وتفاصيلها. يمكن أن يكون تجميع مصادر معطيات مختلفة قيّماً جداً في توفير السياق لهذه الصور، ويمكن أن يتضمن هذا استعمال نصوصاً حُرّة مُرافقة للصور، ومعطيات ذات بنى تشرح سياق الصورة، وتوصيفات نصيّة لمحتوى الصورة، وسجلات إلكترونية للمرضى، وغير ذلك. تحتاج التقنيات المرئية أن تكون قادرة على تقبّل التدخّل اليدوي للاستخلاص من المناطق موضوع الاهتمام والتقطيع الخاص بالمهام بالإضافة إلى التسجيل على المستوى الموضعي. تحتاج عُلَب الأدوات هذه أن تكون متوافرة وجاهزة لتقبّل صور من أنظمة استحصال الصور المختلفة وأن تكون قابلة للتوسيع مع تطوّر تقنيات التصوير. ويجب أن تُتاح أساليب حدسيّة لصياغة الاستعلام بما يشمل القدرة على تحميل عيّنات متعدّدة من الصور ذات الصيغ المتنوعة، مع توافر إمكانية الرفض أو تقديم تغذية راجعة حول درجة الصلة بموضوع الاستعلام.

إنّه لمن المهم جداً إنشاء مجموعات معطيات مناسبة تشتمل على معلومات سريرية، وخصوصاً الإصابات المرضية. يمكن الاستفادة من امتلاك مجموعات معطيات فيها تعليقات بسيطة مقتصرة على الصيغة والتشريح وزاوية الرؤية كما في الدراسة لاهمان، شوبرت، كايسرس، كوهنن، ووين (Lehmann, Schubert, Keysers, Kohnen, and Wein, 2003) فتستعمل في اختبار الخوارزميات وفي المهام المنخفضة المستوى والمؤتمتة كلياً، ولكن، لسوء الحظ، لا يمكنها تقديم مساعدة حقيقية للتطبيقات السريرية. يذكر المستعملون أنّ نوع المرض هو أكثر معايير البحث أهمية (Hersh, et al. 2005).

نحتاج إلى جعل مجموعات المعطيات متوافرة للعموم للتأكّد من الاستثمار الكامل للمعارف التي نمتلكها (Vannier and Summers, 2003). إحدى الطرائق لتحقيق ذلك هي استعمال تقنيات Web 2.0 لإنشاء مجموعات معطيات والتشارك في معارفها الطبيّة (Müller and Geissbühler, 2008; Giustini, 2006). أحد الأنظمة الهادفة إلى هذا هو (MDPixx)[10]، ويمكن لإنشاء مجموعات معطيات بهذه الطريقة أن يكون أقل تكلفة بكثير من امتلاك تنظيم مركزي لأجل التعليق على الصور وتعيين المناطق موضوع الاهتمام. سيُستعمل (Google) (أو محركات بحث أخرى) في التشخيص بطريقة أو بأخرى (Tang and Hwie Kuoom Ng, 2006) سواء أحببنا هذا التطوّر أم لم نُحبَّه. ويجب أخذ تقانة تشبيك أخرى في الحسبان، إنّها شبكات التوزيع (Grid Networks) القادرة على توفير طاقة الحساب اللازمة لمعالجة أرشيفات PACS كاملة، وفي الوقت نفسه تستفيد على نحو أفضل من البنى المعلوماتية التحتية المتوفرة في المؤسسات الطبية التي لا تمتلك عموماً البنى التحتية الحسابية البحثية قائمة (Costa Oliveira, Cime and Azeredo Manques, 2007).

يمكن استعمال أنظمة استرجاع الصور الطبية الفاعلة في المساعدة على التشخيص. من طريق السماح للممارسين السريريين بالاطّلاع على صور مشابهة في السياق نفسه، فإنهم يحصلون على المساعدة في عملية اتخاذ القرار التشخيصي بالنفاذ إلى المعرفة المتراكمة الناتجة عن الحالات الأقدم. وعندما يكونون فاعلين في هذه

السيرورة يمكن للنظام الإشارة إلى النواقص في تاريخ المريض، ويمكن للمُمارس أن يطرح أسئلة تحقق أكبر ربح في المعلومات السريرية للمريض، أو أن يطلب الفحوصات المخبرية الموافقة، كما يقترح المُساعِد الحاسوبي على اتخاذ القرار.

كلُّ هذا يعني ترك المنطقة المريحة الموافقة لاسترجاع صور مشابهة لصورة منفردة، وهو مجال بحث مُستَكْشَف على نحو جيد. وستكون النتيجة نظام استرجاع على أساس الحالة يمكنه مُكامَلَة عدّة صور من الصيغة نفسها أو ذات صيغ مختلفة، ومعطيات ذات بنى، ونصوص حرّة، ويربط تنوعاً كبير من مصادر المعرفة مثل الأدبيات الخارجية.

الخاتمة

لقد أصبحت إدارة الصور الطبية مهمّة على نحو متزايد من حيث النمو السريع في عدد الصور وتنوّع التي تُولّد داخل الإطار الطبي كل يوم. وتتزايد أيضاً أهميتها في التشخيص بالقدر نفسه. ولقد دُرِسَ استرجاع الصور على أساس المحتوى، أو التقنيات المؤسّسة على قاعدة نموذج الاستعلام بمثال، دراسةً مستفيضة في مجال الرؤية الحاسوبية. ولكنّ القسمات المرئية الشاملة المنخفضة المستوى المُستخلَصة آلياً بواسطة هذه الخوارزميات لا تتوافق دوماً مع المفاهيم التي يملكها المستعمل في ذهنه عند عملية البحث. يمكن أن يكون دور الصور في طب التشخيص معقداً جداً، وهذا ما يجعل تفسير الصور صعباً على طبيب غير مختصّ بجميع أنواع الفحوصات، أو بجميع المناطق التشريحية. يمكن لاسترجاع الصور في هذه الحالات أن يعطي معلومات مهمة للمساعدة في تفسير حالة معطاة أو مجموعة من الصور من طريق إعطاء صور مُشابهة أخرى يمكن أن يكون لها التشخيص نفسه.

نذكر في هذه الورقة أن التقنيات المرئية البحتة لاسترجاع الصور الطبية قد لا تكون كافية لمعظم التطبيقات السريرية. في الطب، المعلومات المرئية منفردة، ومن دون السياق السريري هي أقل معنى من الصور التي تُرى ضمن سياق المريض والبيئة. نعتقد

أنّ طرائق CBIR المرئية البحتة في الطب لم تستطع أن تكون على مستوى التوقعات، ويبدو أنها مُناسبة لعدد من التطبيقات الدقيقة والبسيطة فقط مثل تدوير الصورة الشعاعية للرئة بالتوجيه الصحيح (Pietka and Huang, 1992)، واكتشاف صيغتها (Kapthy-Cramer and Hersh, 2007)، أو استخلاص مفاهيم بسيطة جداً من صور طبية مثل مهمة التصنيف المؤتمت للصور في ImageCLEF (Deselaer, Müller, Clough, Ney and Lehmann, 2007).

يحتاج استرجاع الصور في الطب أن يتطوّر من استرجاع الصور المرئية البحت، إلى مُقاربة أكثر شمولاً تعتمد على الحالة، تتضمّن مصادر معطيات متعددة الوسائط متنوعة، ومن ثَمّ السياق الذي أُخذت فيه الصور. يشمل هذا الصور المتعددة، والنص الحرّ والمعطيات ذات البنى، بالإضافة إلى مصادر المعرفة الخارجية. ويُمكن لهذه أن تُكامل بعدئذ مع قواعد معطيات الأدبيات مثل غولدمينر (Goldminer) لتعطي للممارس إمكانية النفاذ إلى المعلومات الصحيحة (الأدبيات المُحكّمة، والحالات السابقة مع نتائج المعالجة) في الوقت الصحيح والصيغة الصحيحة.

المراجع

Aisen, A. M., Broderick, L. S., Winer-Muram, H., Brodley, C. E., Kak, A. C., Pavlopoulou, C., et al. (2003). Automated Storage and Retrieval of Thin-Section CT Images to Assist Diagnosis: System Description and Preliminary Assessment. *Radiology*. Jul 1, 228(1), 265-270.

Bui, A. A. T., Taira, R. K., Dionisio, J. D. N., Aberle, D. R., El-Saden, S., and Kangarloo, H. (2002). Evidence-based radiology: requirements for electronic access. *Acad Radiol*. Jun, 9(6), 662-9.

Chang, N., and Fu, K. (1980). Query-by-Pictorial-Example. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 6(6), 519–524. doi:10.1109/TSE.1980.230801

Clough, P., Müller, H., Deselaers, T., Grubinger, M., Lehmann, T. M., Jensen, J., and Hersh,W. (2006). The CLEF 2005 Cross-Language Image Retrieval

Track. *Springer Lecture Notes in Computer Science, LNCS*, 4022, 535–557. doi:10.1007/11878773_60

Costa Oliveira, M., Cime, W., and Azevedo Marques, P. M. (2007). Towards applying content based image retrieval in clinical routine. *Future Generation Computer Systems*, 23(3), 466–474. doi:10.1016/j.future.2006.06.009

Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behav Brain Sci.*, Feb, 24(1), 87-114, discussion 114-85.

Datta, R., Li, J., and Wang, J. Z. (2005). Contentbased image retrieval: approaches and trends of the new age, *Proceedings of the 7th ACM SIGMM international workshop on Multimedia information retrieval*, Hilton, Singapore, 253-262.

Depeursinge, A., Iavindrasana, J., Cohen, G., Platon, A., Poletti, P. A., and Müller, H. (2008). Lung tissue classification in HRCT data integrating the clinical context, *21st IEEE Symposium on Computer Based Medical Systems* (CBMS 2008), Finland, 542-547.

Deselaers, T., Müller, H., Clough, P., Ney, H., and Lehmann, T. (2007). The CLEF 2005 Automatic Medical Image Annotation Task. *International Journal of Computer Vision*, 74(1), 51–58. doi:10.1007/s11263-006-0007-y

Deserno, T., Antani, S., and Long, R. (2008). Ontology of Gaps in Content-Based Image Retrieval. *Journal of Digital Imaging*, (Feb): 1.

Deserno, T. M., Antani, S., and Long, R. (2007). Exploring access to scientific literature using content-based image retrieval, Medical Imaging 2007: PACS and Imaging Informatics. Edited by Horii, Steven C.; Andriole, Katherine P. *Proceedings of the SPIE*, 6516, 65160L-1-8.

Dori, D. (2000). Cognitive Image Retrieval, *Proceedings of ICPR*, Barcelona, Spain, 42-45.

Enser, P. G. B. (1995). Progress in Documentation: Pictorial Information Retrieval. *The Journal of Documentation*, 51(2), 126–170. doi:10.1108/eb026946

Giustini, D. (2006). How Web 2.0 is changing medicine. *British Medical Journal*, 333, 1283–1284. doi:10.1136/bmj.39062.555405.80

Haux, R. (2006). Health information systems - past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 75(3-4), 268–281. doi:10.1016/j.ijmedinf.2005.08.002

Hersh, W., Kalpathy-Cramer, J., and Jensen, J. (2006). *Medical Image Retrieval and Automated Annotation: OHSU at ImageCLEF 2006*. Springer Lecture Notes in Computer Science, 660-669.

Hersh, W. R., Jensen, J. R., and Müller, H. (2005). A Qualitative Task Analysis of Biomedical Image Use and Retrieval, *International Workshop on Image and Video Retrieval Evaluation*, Vienna.

Hersh, W. R., Müller, H., Jensen, J. R., Yang, J., Gorman, P. N., and Ruch, P. (2006). Advancing Biomedical Image Retrieval: Development and Analysis of a Test Collection. *Journal of the American Medical Informatics Association*: JAMIA. Oct, 13(5), 488-496.

Kalpathy-Cramer, J., and Hersh, W. (2007). Automatic image modality based classification and annotation to improve medical image retrieval. *Medinfo*, 12(Pt 2), 1334–1338.

Lehmann, T. M., Schubert, H., Keysers, D., Kohnen, M., and Wein, B. B. (2003). The IRMA code for unique classification of medical images, Medical Imaging 2003: PACS and Integrated Medical Information Systems: Design and Evaluation. Edited by Huang, H. K.; Ratib, Osman M. *Proceedings of the SPIE*, 5033, 440-451.

Lowe, H. J., Antipov, I., Hersh, W., and Smith, C. A. (1998). Towards knowledge-based retrieval of medical images. The role of semantic indexing, image content representation and knowledge-based retrieval. *Proc AMIA Symp.*, 882–886.

Miller, G. A. (1956). The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychol Rev., Mar*, 63(2), 81-97.

Müller, H., Deselaers, T., Deserno, T., Clough, P., Kim, E., and Hersh, W. (2007). Overview of the ImageCLEFmed 2006 Medical Retrieval and Medical

Annotation Tasks, *Evaluation of Multilingual and Multi-modal Information Retrieval*, 595-608.

Müller, H., Deselaers, T., Kim, E., Kalpathy- Cramer, J., Deserno, T. M., Clough, P., and Hersh, W. (2008). *Overview of the ImageCLEF, med 2007 Medical Retrieval and Annotation Tasks*. Springer Lecture Notes in Computer Science.

Müller, H., Despont-Gros, C., Hersh, W., Jensenc, J. R., Lovis, C., and Geissbuhler, A. (2006). *Health care professionals' image use and search behaviour* (pp. 24–32). The Netherlands: Medical Informatics Europe.

Müller, H., and Geissbuhler, A. (2008). (to appear). Medical Multimedia Retrieval 2.0. *Supplement of Methods of Information in Medicine*.

Müller, H., Michoux, N., Bandon, D., and Geissbuhler, A. (2004). A review of content-based image retrieval systems in medical applications-clinical benefits and future directions. *Int J Med Inform.*, Feb, 73(1), 1-23.

Müller, H., Müller, W., Squire, D. M., Marchand-Maillet, S., and Pun, T. (2001). Performance evaluation in content-based image retrieval: overview and proposals. *Pattern Recogn. Lett.*, 22(5),593–601.

Müller, S., and Rigoll, G. (1999). Improved stochastic modeling of shapes for content-based image retrieval. In: Content-Based Access of Image and Video Libraries, (CBAIVL'99) *Proceedings. IEEE Workshop on.*, 23-27.

Pietka, E., and Huang, H. K. (1992). Orientation correction for chest images. *J Digit Imaging*, Aug, 5(3), 185-9.

Rosset, A., Müller, H., Martins, M., Dfouni, N., Vallée, J., and Ratib, O. (2004). Casimage project: a digital teaching files authoring environment. *J Thorac Imaging*, Apr, 19(2), 103-8.

Smeaton, A. (2007). *TRECVid – Video Evaluation, Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*. Feb/Mar.

Smeulders, A., Worring, M., Santini, S., Gupta, A., and Jain, R. (2000). Content-based image retrieval at the end of the early years. Pattern Analysis and Machine Intelligence. *IEEE Transactions on*, 22(12), 1349–1380.

Tang, H., and Hwee Kwoon Ng, J. (2006). Googling for a diagnosis – use of Google as a diagnostic aid:Internet-based study. *British Medical Journal*, 333, 1143–1145. doi:10.1136/bmj.39003.640567.AE

Traina, A. J. M., Marques, J., and Traina, C. (2006). Fighting the Semantic Gap on CBIR Systems through New Relevance Feedback Techniques. In: Computer-Based Medical Systems, CBMS 2006. *19th IEEE International Symposium on*, 881-886.

Vannier, M. W., and Summers, R. M. (2003). Sharing Images . *Radiology*, 228, 23–25. doi:10.1148/radiol.2281021654

Wang, L., and Manjunath, B. (2003). A semantic representation for image retrieval. In: Image Processing, 2003. ICIP 2003. *Proceedings. 2003 International Conference on*, 3, II-523-6.

Westerveld, T. (2000). *Image retrieval: Content versus context, Content-Based Multimedia Information Access* (pp. 286–284). Paris: RIAO.

Westerveld, T., and van Zwol, R. (2007). The INEX 2006 Multimedia Track. *Comparative Evaluation of XML Information Retrieval Systems*, 2007, 331–344. doi:10.1007/978-3-540-73888-6_33

ملاحظة ختامية

[1] http://pubimage.hcuge.ch/

[2] http://www.benchathlon.org/

[3] http://www.imageclef.org/

[4] http://www.imageval.org/

[5] http://www.google.com/image/

[6] http://www.yahoo.com/

[7] http://goldminer.arrs.org/

[8] http://www.mypacs.org/

[9] http://mirc.rsna.org/

[10] http://www.mdpixx.com/

لقد نُشر هذا العمل سابقاً في:

International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics,
Volume 4, Issue 1, pp. 88-97,

تحرير جوزيف تان، حقوق النشر 2009 لشركة IGI Publishing.

الفصل السابع

الاستعمال المتوقّع لوظائف EMR ومميزات الطبيب

دايفدماينرت

جامعة ولاية ميسوري، الولايات المتحدة الأميركية

دان ك. بيترسون

جامعة ولاية ميسوري، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

على الرغم من الفوائد العديدة المزعومة للسجلات الطبيّة الإلكترونية (Electronic Medical Records) (EMR)، بقيت الممارسات الطبية مُعارِضَة جداً لتقبّل التقانة. أحد العوائق، التي يُعتقَد أنها مسؤولة عن التبني البطيء لتقانة EMR، هو المعارضة التي يُبديها العديد من الأطباء غير المقتنعين بفائدة أنظمة EMR. استعملت هذه الدراسة مسحاً بريدياً لأطباء منضمين إلى عيادة متعددة الاختصاصات بهدف فحص المميزات الكامنة في الأطباء والتي يمكنها أن تُساعد في تحديد أولئك الأفراد الذين من المحتمل أكثر أن يشكلوا خطراً على تنجيز ناجح لنظام EMR. عموماً، لم يكن عمر الطبيب أو جنسه مقترنين مع الاستعمال المتوقع. ولكن أشار تحليل التباين إلى أنّ المعرفة بالحاسوب ومجال الاختصاص الطبي مرتبطان ارتباطاً كبيراً بالاستعمال المتوقع لوظائف EMR. تشير النتائج أنّ الاستعمال المتوقع لمختلف وظائف EMR يعتمد على الاختصاص الطبي، وهذا يمثل واحدةً من الصعوبات الكثيرة أمام تطوير أنظمة EMR للعيادات المتعددة الاختصاصات.

مقدمة

على مدى أكثر من عقد من الزمن تنبأ المحللون وصنّاع السياسات وبائعو برامج الرعاية الصحية بالتبني السريع والتنجيز لأنظمة السجلات الطبية الإلكترونية (EMR). ولكن للأسف تبيّن أنّ هذه التوقعات قد تمادت بالتفاؤل لأنّ عدد تنجيزات EMR كان أقلّ من التوقعات. لقد كان، ولفترة طويلة، اعتماد تقانة المعلومات (IT)، بما يشمل العوامل المؤثرة، أمراً مهماً لمحترفي تقانة المعلومات، مثلاً (Agarwal and Prasad, 1997; Chau and Hu, 2001; Davis, Bagozzi and Warshaw, 1989; Venkatesh, Morris, Davis and Davis, 2003). وفي الوقت الذي سعت فيه دراسات عديدة لتحديد العوامل القابلة للتغير وغير القابلة للتغيير المرتبطة بالتبني الفردي والمؤسساتي، ولكن تركّز جزء محدود من الاهتمام على قطاع الرعاية الصحية وتحديداً عمليات تبني EMR. تطرح هذه الندرة في الأبحاث مشكلة أمام كلّ من المُمارسين والأكاديميين الذين يسعون لمواجهة العوائق أمام تبني أنظمة EMR وتسريع انتشارها.

حتى يومنا هذا، ذكرت معظم الدراسات التي تفحّصت عمليات تبني EMR اكتشافات عامّة بدلالة "توافر" النظام أو "استعماله". للأسف، توفر هذه الدراسات حداً أدنى من الفهم لما يقود إلى قبول الطبيب أو مقاومته لأنظمة EMR. وفي الوقت الذي تزوّد فيه المقاييس الشاملة مثل "التوافر" أو "الاستعمال" بمعلومات حول معدّل تبني أنظمة EMR، ولكنها تعجز عن تأمين رؤية مفصّلة حول المتغيرات ذات الصلة بنجاح انتشار تنجيزها. تسعى هذه الدراسة لتفحّص متغيّرين اثنين من هذه المتغيرات، الاستعمال المتوقّع لوظائف EMR ومميزات الطبيب.

لقد كان إدراك الطبيب موضوعاً شائعاً في أبحاث EMR، ولكن، مرة أخرى، نجد أنّ مُعظم الباحثين اعتمدوا على مقاييس شاملة مثل الميل "الإيجابي" أو "السلبي" نحو أنظمة EMR أو تقانة المعلومات عموماً أو القناعات العامّة المتعلّقة "بالكلفة" أو "نوعية الرعاية" أو "القيمة". ولما كان من المُعتقد أن "القيمة" المُدركَة لأنظمة EMR تؤدي دوراً أساسياً في اتخاذ قرارات التبني، تُركِّز هذه الدراسة على إدراك الطبيب المتعلّق بالاستعمال

المتوقع لوظائف EMR بعينه. ولمّا كانت قابلية تطبيق وظائف EMR بعينها تتغير من طبيب لآخر، تتفحص هذه الدراسة العلاقة بين مميزات الطبيب والاستعمال المتوقّع. وهكذا فإن الهدف من هذا المقال ثنائي الجانب: **1)** تفحّص إدراك الطبيب المتعلق بالاستعمال المتوقع لبعض وظائف EMR بعينها؛ **2)** تفحص المدى الذي يمكن فيه لمميّزات الطبيب أن تؤثر بالاستعمال المتوقع. **أولاً**، يعطي هذا المقال أرضية موجزة حول أنظمة EMR متبوعة بفحص لأدبيات EMR لتطوير أساس لهذا التحرّي. **ثانياً**، نعرض مقطعاً عن الطرائق، يصف تجميع المعطيات والعينات والنتائج. ونجد **أخيراً** مناقشة للنتائج، ونتعرّض للقصورات والفرص أمام البحث المستقبلي، ونختم البحث بخلاصة حول مقتضيات هذه الدراسة.

الخلفيّة والأدبيات المتعلّقة

يتطلّب التقدير الكامل للعلاقة بين إدراك الطبيب وتبني أنظمة EMR بعض الفهم لهذه الأنظمة، وكذلك لمعارضة الطبيب أو تردده أمام تبنيها، ومواقف الطبيب في ما يتعلق بأنظمة EMR عموماً. يوفر استعراض كل واحدة من هذه المجالات خلفيةً لهذه الدراسة.

السجلات الإلكترونية الطبية

السجل الإلكتروني الطبي EMR هو نظام حاسوبي يحتوي على السجل الصحي القانوني الطويل الأمد للمريض والمولّد من زياراته لعيادة طبية بعينها. وعليه، يُخزّن EMR إلكترونياً أشياء مثل صور الأشعة السينية، والوصفات الطبية، وملاحظات الطبيب، والمعطيات ذات البنى، وصور التشخيص، وصور المسح للوثائق الورقية، وأنواع أخرى من الوثائق الطبية. تُتيح أنظمة EMR عدداً من الفوائد، تشمل تحسين نوعية العناية بالمريض، وجعل تدفق عمل الرعاية الصحية أكثر فاعلية، والتكاليف أكثر انخفاضاً (Thompson, Osheroff, Classen and Sittig, تومبسون، أوشروف، كلاسن، سيتيغ 2007). يمكن إرجاع التحسين في نوعية الرعاية بالمريض لعدّة مواصفات لنظام EMR

تشمل التوثيق الأفضل، والتنظيم المَرن للمعطيات، والأنظمة المتكاملة، ومساعدة اتخاذ القرار السريري (Shekelle, Morton and Keeler, 2006).

وبسبب الفوائد العديدة الكامنة في تقانة EMR، يعتقد عدد من الخبراء أن سوق أنظمة EMR سوف ينمو بسرعة في العقد القادم. ولقد توقعت دراسة حديثة معدّل نمو قدره 13.5% لتقانة EMR في الولايات المتحدة على مدى السنوات الأربع القادمة (Pizzi, 2007). توقعت هذه الدراسة أن سوق EMR المُقدّر ببليون دولار عام 2005 سينمو ليتجاوز أربعة بلايين دولار بحلول عام 2015.

وتتحسن التوقعات حول نمو سوق صناعة EMR تحسناً أكبر بوجود أدلّة تقترح أن الولايات المتحدة تمثّل جزءاً صغيراً فقط من السوق المحتمل لتقانة EMR. يُتوقّع نمو هائل على المستوى العالمي، يجعل برمجيات EMR فرصة استثنائية ليس للاعبين الحاليين في السوق فقط بل حتى للقادمين الجدد إلى هذه السوق.

على الرغم من الفوائد الكبيرة المقترنة بأنظمة EMR، هناك وثائق كثيرة تشير إلى أن صناعة الرعاية الصحية كانت مترددة جداً في تقبّل التقانة (Fronkych and Taylor, 2005). عموماً، إنّ صناعة الرعاية الصحية متأخرة نحو 20 سنة عن بقية الصناعات في تبني تقانة المعلومات لي، كورتنيه، سلايك (Ilie, Courtney and Slyke, 2007). فمثلاً تنفق صناعة الخدمة المالية نحو 200 بليون دولار سنوياً على تقانة المعلومات، في حين تُنفق صناعة الرعاية الصحية نحو عُشر ذلك المبلغ (From clipboard to keyboards, 2007). إنّ تقديرات عدد المستشفيات في الولايات المتحدة التي تبنّت التقانة تتراوح بين 30% و56% وذلك تبعاً لكيفية تعريف أنظمة EMR (Fronkych and Taylor, 2005). ولقد استدعى معدّل النمو البطيء هذا تدخلاً حكومياً سريعاً لتسهيل نشر وتتجيز أنظمة EMR. ولقد أعلنت الحكومة الاتحادية الأميركية في عام 2004 إطاراً لتسريع تبني تقانة المعلومات الصحية، بهدف التخزين الإلكتروني للسجلات الطبية لمعظم الأميركيين خلال العقد القادم (Health IT Strategic Framework, 2004).

مُعارضة أنظمة EMR

لقد جرى إرجاع السرعة البطيئة لتبني أنظمة EMR إلى عدد من العوائق. وبعضٌ من أكثر هذه العوائق المذكورة شيوعاً هي قضايا السعر، وقابليّة تبادل المعلومات، والخصوصية/ السرية (Anderson and Balas, 2006). ولكن لا يبدو أن العائق الأكثر أهمية مرتبط بتقانة النظام بل بقضايا سلوكية متعلقة بتتجيز التقانة دار، هاريسون، شاكد، شالوم، فانميربك (Darr, Harrison, Shakked and Shalom, 2003; Vanmeerbeek, 2004). ولقد اقتُرِح أن تبنّي EMR يتبع قاعدة 80/20 لتتجيز التقانة أرمسترونغ (Armstrong, 2007). أي إنّ 20% من العمل فقط عند تتجيز نظام EMR يُصرَف على الجوانب التقنية. أمّا نسبة 80% المتبقية فيجب أن تُصرَف في إدارة التغيير في المسائل المؤسّساتية والاجتماعية. يشمل هذا إنشاء بيئة تعاونية تشجع التواصل بين محترفي الرعاية الصحية ومديري مشاريع تقانة المعلومات بهدف التغلب على المواقف السلبية التي يتخذها بعض الأطباء نحو تقانة EMR.

يمكن جزئياً إرجاع معارضة الأطباء للتغيير، وأكثر تحديداً، لتبني تقانة EMR في المشافي، إلى التغييرات الكبيرة في سيرورة العمل وتدفق العمل ضمن المكتب عند تتجيز أنظمة EMR ريردون، دايفدسون (Reardon and Davidson, 2007). ببساطة، لا يريد العديد من الأطباء اتباع تدفق عمل محدد سلفاً، أو أن يكونوا خاضعين للمُساءلة أمام نظام حاسوبي (Nelson, 2005). هناك عوامل أخرى تُساهم في المواقف السلبية للعديد من الأطباء ضمن إطار المشفى، تشمل زمن التدريب المتوقع، والفائدة المتوخاة من أنظمة EMR والاعتقاد أنّ تقانة EMR تُمثل تدخلاً في التفاعل المتبادل بين الطبيب والمريض (Wager et al., 2008).

إنّ قبول الطبيب أمرٌ جوهري لانتشار تبني تقنية السجلات الطبية الإلكترونية EMR مازوليني، بياردي، جيورجي، فرانشي، ماركوني، كورتيزي (Mazzoleni, Baiardi, Giorgi, Franchi, Marconi and Cortesi, 1996). ولمّا كان على الأطباء أن يستعملوا

أنظمة EMR في عملهم اليومي، يعتمد نجاح نظام EMR إلى حدٍّ بعيد على مواقف الأطباء من هذه الأنظمة ورضاهم عنها. لقد جرى إرجاع العديد من المحاولات الفاشلة لتطبيق تقانة EMR إلى عدم رضا الأطباء عن نظام EMR (Van Der Meijden, Tange, Troost and Hasman, 2003; Wager, Lee and White, 2002). وأحد هذه الأمثلة الشهيرة على فشل تنجيز EMR، نجد الفشل الذي لاقاه في المركز الطبي Cedars Sinai Medical Center في لوس أنجلوس، الذي ثار فيه الأطباء وأجبروا الإدارة على التخلّص من نظام حاسوبي ثمنه 34 مليون دولار (Connolly, 2005).

وبالعكس، الأمثلة التي قارب فيها الأطباء إيجابياً تقانة EMR كانت في الغالب مقترنة بتنجيزات ناجحة (Darr et al., 2003). لذلك، فإن الفهم الأفضل للعوامل المرتبطة بمواقف الأطباء نحو تبني أنظمة EMR هو أمرٌ مفتاحي نحو تحقيق الفوائد الجوهرية المقترنة بتقانة EMR (Reardon and Davidson, 2007).

دراسات متعلّقة

لقد تفحّص عدد من الدراسات العلاقات الكامنة بين مميّزات الأطباء ومواقفهم نحو تبني أنظمة EMR. ويشمل بعض من العوامل الأوليّة التي جرى تحريّها عُمْرَ الطبيب وجنسه ودرجة معرفته الحاسوبية واختصاصه الطبي. ومع أنّ استعراضاً شاملاً لهذه الدراسات يقع خارج إطار هذا المقال ولكننا سنلقي في ما يلي نظرة سريعة على الدراسات المتعلقة لتوفير أساس لهذه الدراسة.

مميزات الطبيب ومعارضة أنظمة EMR – لم تعطِ الدراسات التي تحرّت العلاقة بين عمر الطبيب واستعمال تقانة EMR نتائج متناسقة. فمثلاً ذكرت دراسة استبيانية من (Commonwealth Fund) أنّه جوهرياً لا توجد علاقة بين العمر واستعمال تقانة EMR (Audet, Doty, Peugh, Shamasdin, Zapert and Schoenbaum, 2004). في هذه الدراسة ذكر 28% من الأطباء "تحت عمر" 45 أنهم يستعملون تقانة EMR. في حين

استعمل 26% من الأطباء "فوق عمر" 65 تقانة EMR. وعموماً لم تكن الفروقات ذات معنى لجميع فئات الأعمار المُعرّفة في الدراسة. وبالعكس، أشارت المعطيات من الدراسة الاستبيانية لعام 2005 National (Ambulatory Medical Care Survey) (NAMCS) إلى أنّ الأطباء الأصغر عمراً كانوا أقرب إلى استعمال تقانة EMR (Burt, Hing and Woodwell, 2005). في هذه الدراسة، 44% من الأطباء تحت عمر 35 يستعملون تقانة EMR، في حين 18% فقط من الأطباء الذين تراوحت أعمارهم بين 55 و64 كانوا يستعملون التقانة. ولقد قدّمت دراسة استبيانية من (Medical Economics) دعماً إضافياً لوجود علاقة بين العمر واستعمال تقانة EMR. لقد وجد هذا التقرير أنّ 27% من الأطباء تحت 35 كانوا يستعملون تقانة EMR مُقابل 12% فقط من الأطباء في الفئة العمرية 64-55 (Terry, 2005).

لم تَلحظ الدراسات عموماً اختلافات من حيث الجنس في ما يتعلّق باستعمال تقانة EMR. فمثلاً وجدت دراسة (Commonwealth Fund) أنّ 27% من الأطباء الذكور و25% من الطبيبات الإناث يستعملون نظام EMR (Audet et al., 2004). ولقد لوحظت نتائج مُشابهة في معطيات NAMCS. في دراسة NAMCS تبين أن 24% من الأطباء الذكور و23.5% من الطبيبات الإناث يستعملون نظام EMR (Burt et al., 2005). ولكن لوحظت اختلافات تتعلّق بجنس الأطباء في دراسة تتحرّى المنافع المتوقعة من تقانة المعلومات الطبية ماكغريغور، هيلاند، هارفي، لي (MacGregor, Hyland, Harvie and Lee, 2007). وجدت هذه الدراسة أنّ الأطباء العامّين الذكور كانوا يهتمون بالوظائف التي تُحسّن الفاعليّة، في حين ركّزت الطبيبات العموميات على جوانب التواصل والممارسة في تقانة المعلومات الصحية.

لقد اقترح عددٌ من الباحثين أن عدم توافر الخبرة الحاسوبية بين الأطباء يمكن أن يؤثر سلباً على تنجيز تقانة EMR أندرسون، آشر وويلسون (Anderson, Asher and Wilson, 2007). ولقد كشفت دراسة حديثة قدراً كبيراً من التنوع بين الأطباء في ما يتعلّق

بالمقدرات الحاسوبيّة رابينوفيتش (Rabinovitch, 2007). بيّنت هذه الدراسة أنّ بعض الأطباء لم يستعملوا أبداً جهاز حاسوب أو يلمسوا فأرة حاسوبيّة، في حين كان آخرون مستعملين بارعين للحاسوب. واستنتجت دراسة أخرى، تفحصت مناهج المدارس الطبية أنّه يجب تخصيص المزيد من الجهد لتحسين المهارات الحاسوبية للأطباء وسلوكهم أمام الحاسوب بحيث يتمكن الأطباء من التفاعل تفاعلاً أكثر فاعلية مع تقانات المعلومات الصحية في يومنا هذا (McGowan, Passiment and Hoffman, 2007). ومع بروز حاجة جوهرية لتحسين المهارات الحاسوبية بين الأطباء، فقد أعطت الدراسات، التي تفحّصت العلاقة بين المهارات الحاسوبية ومدى تقبّل EMR، نتائج متناقضة (Joos, Chen, Jiris and Johnson, 2006).

وفشلت أيضاً الدراسات التي تفحّصت علاقة تبنّي EMR بالاختصاص الطبي بإعطاء نتائج متناسقة. فمثلاً ذكرت دراسة (Medical Economics) أنّ الأطباء العامّين كانوا الأكثر في استعمال تقانة EMR (20%) بينما كان أقلُّهم الأطباء النسائيين (12%). وبالعكس، أشارت معطيات (NAMCS 2005) أن الأطباء الأخصّائيين كانوا الأكثر في استعمال تقانة EMR (28.1%)، يتبعهم أطباء العناية الأولية (22.4%)، والجرّاحون (22.3%). وبالمثل أشارت معطيات (Commonwealth Fund) أنّ الأطباء الاختصاصيّين كانوا الأكثر استعمالاً لنظام EMR من أطباء العناية الأولية (28% مقابل 23%). لوحظت أيضاً اختلافات كبيرة بين الأطباء الأخصائيين في دارسة تتبع المجتمع Community Tracking Study (CTS). كشفت المعطيات من CTS أنّ الأطباء الأخصّائيين كانوا أكثر استعمالاً لتقانة EMR من الجرّاحين من حيث النفاذ إلى ملاحظات المريض، وكتابة الوصفات الطبية، وقراءة التعليمات، وتبادل المعطيات السريرية مع أطباء آخرين كوريه، غروسمان (Corey and Grossman, 2007). وكان الأطباء الأخصائيون أكثر استعمالاً لتقانة EMR من الأطباء المسؤولين عن إعطاء العناية الأولية في ما يخص النفاذ إلى

ملاحظات المريض وتبادل المعلومات مع أطباء آخرين. لم تُلاحظ فروق بين الأنواع الثلاثة من الاختصاصيين بشأن تبادل المعطيات بين المشافي.

تقييم مواقف الأطباء في ما يتعلّق بوظائف EMR – استعملت معظم الدراسات السابقة حول تتجيز تقانة EMR مفهومَي "التوافر" و"الاستعمال" لنظام EMR، ولم تتطرق إلى مواقف الأطباء أو رضاهم عن تقانة EMR (Whitten, Buis, Mackert, 2007). لا يقتضي "توافر" و"استعمال" نظام EMR، أنّ موقف الأطباء منه إيجابي. في بعض الحالات، المشافي الضخمة مثلاً، يمكن أن يُتَّخذ قرار شراء وتتجيز نظام EMR من قِبَل الإداريّين. وبالفعل يمكن في بعض الحالات أن يشعر الأطباء أنهم مجبرون على استعمال أنظمة يعتقدون أنها ستعيق قدرتهم على أداء واجباتهم أداءً فاعلاً (Fronkych and Taylor, 2005). في بعض الحالات، وخصوصاً في العيادات الصغيرة أو الفردية، يمكن أن يكون للأطباء موقف إيجابي بشأن تبني تقانة EMR، ولكن قد لا يكون بإمكانهم النفاذ إلى نظام EMR لأسباب مالية أو غيرها.

وهكذا، من الممكن أن يكون هناك عدد من العوامل الأخرى غير مواقف الأطباء تؤثر في توافر تقانة EMR واستعمال الأطباء لها. يمكن أن ينتج من هذه العوامل علاقات كاذبة بين مميّزات الأطباء واستعمال تقانة EMR. قد يكون هذا صحيحاً خصوصاً في حالة الدراسات المتعلّقة باختصاص الطبيب لأنّ بعض الأطباء الأخصّائيين يعملون أكثر في المشافي الكبيرة، أو في أنواع المشافي (مشافي الأبحاث أو HMO) التي تمتلك حظاً أوفر في توافر أنظمة EMR فيها. وبالعكس، الأطباء في مجالات الاختصاص الأخرى يعملون أكثر في عيادات صغيرة (مثل الأطباء العامّين)، وقد لا يكون باستطاعتهم اقتناء نظام EMR حتى مع اتخاذهم موقفاً إيجابياً تجاه تتجيز نظام EMR.

لذلك قد لا يكون التوافر والاستعمال أفضل المقاييس لفحص معارضة الطبيب لتبني أنظمة EMR. في الحقيقة، لا تتطابق دوماً الدراسات حول مواقف الأطباء من

أنظمة EMR مع الدراسات حول توفر واستعمال تقانة EMR ‏(Wager et al., 2008). فمثلاً، معظم الدراسات وجدت علاقة بين عمر الطبيب واستعمال EMR ‏(McLane, 2005). ولكن، في الوقت الذي يميل فيه الأطباء الأصغر سناً إلى استعمال تقانة EMR، لم تجد الدراسات دوماً أنّ للأطباء الأصغر سناً موقفاً أكثر إيجابية نحو تقانة EMR. لقد وجدت الدراسة الاستبيانية من (Medical Economics) أنّ نسبة 22% فقط من الأطباء بعمر أقل من 35 كانوا "راضين جداً" بأنظمة EMR التي تخصهم، في حين كان 31% من الأطباء الذين تقع أعمارهم بين 45 و 54 "راضين" عن هذه الأنظمة (Terry, 2005). وبالمثل، قادت دراسة تتضمن لقاءات مع أطباء في خمسة مشافي إلى ملاحظة أن الأطباء الشباب يُركّزون على آثار الانشغالية السلبيّة لتقانة EMR ‏(Darr et al., 2003).

هناك مشكلة كامنة في الدراسات السابقة حول مميزات الطبيب وموقفه تجاه تقانة EMR، تتمثّل في عدم وجود تعريف متفق عليه لما يمكن أن يكوّن نظام EMR. معظم الدراسات اعتمدت استبياناً معداً سلفاً يجيب عنه الطبيب. وفي عدد من هذه الدراسات، كان العديد من الأطباء الذين ادعوا استعمال تقانة EMR في الحقيقة يستعملون الوظائف الأساسيّة فقط مثل الفَوْتَرَة الإلكترونيّة وليس كامل نظام EMR المُنجَّز (Burt et al. 2005). ولقد أشارت تحريات أكثر عمقاً أنّ أقل من 11% من مشافي الولايات المتحدة تستعمل أنظمة EMR كاملة التنجيز مكوّنة من جميع الوظائف التي تُعتبر أساسيّة في أي نظام EMR أصغري (American Hospital Association, 2007).

بدلاً من محاولة تقييم مواقف الأطباء تجاه تقانة EMR عموماً، تركّز هذه الدراسة على الاستعمال المتوقّع من الأطباء لوظائف EMR بعينها. كثيراً ما وُجدَ أن الاستعمال المتوقع هو مُتنبِّئٌ قوي بالاستعمال اللاحق (Osbourne and Clarke,2006; Davis, 1989). سيزوّد تقييم الاستعمال المتوقع لوظائف EMR المتنوعة بائعي EMR بمعلومات قيّمة تتعلّق بأي الوظائف تحتاج إلى أن تُشمَل بالضرورة في نظام EMR. عموماً، يمكن

لبائعي البرمجيات أن يطوروا أنظمة EMR تحوي جميع الوظائف التي يمكن أن تكون مفيدة. ولكن، إضافة وظائف من غير المحتمل أن تُستعمل لايؤدي إلاّ إلى زيادة كلفة وتعقيد النظام.

الهدف من الدراسة

هدف هذه الدراسة هو تفحّص كيف يرى الأطباء التابعون لعيادة كبيرة متعددة الاختصاصات الفوائد الكامنة في 19 وظيفة شائعة من وظائف EMR. وعلى نحو أكثر أهمية، تتحرى هذه الدراسة كيف ترتبط الفائدة المنتظرة من وظائف EMR بجنس الطبيب أو عمره أو مدى خبرته الحاسوبيّة واختصاصه الطبي. يمكن أن يُساعِدَ تحديدُ الأطباء الذين سيتخذون موقفاً إيجابياً تجاه تقانة EMR، إدارات المشافي ومدراء التقانة على تحديد "المُبتكرين" الكامنين. يمكن للمبتكرين، أو المتبنين المبكّرين، أن يؤدّوا دوراً مهماً بصفتهم "قادة رأي" في نشر تقانة المعلومات أندروز، بيرس، سيدني، إيريسون، لوف (Andrews, Pearce, Sydney, Ireson, Love, 2004). وبالمثل، يمكن، لتحديد الأطباء الذين من المتوقّع أن يُعارضوا تقانة EMR، أن يزوّد المديرين بالمعلومات حول المكان الذي تكون فيه الفائدة من التدريب على التقانة أفضل ما يمكن. التدريب الصحيح يُحسّن عموماً مواقف الأطباء تجاه تقانة EMR وحتى بين أولئك الذين عارضوا في البدء تبني هذه الأنظمة (Kirshner, Salomon and Chin, 2004).

الأساليب

العينة

لفحص مواقف الأطباء تجاه وظائف EMR، أجري استبيان بالبريد استهدف 358 طبيباً يتبعون عيادة كبيرة متعدّدة الاختصاصات في منطقة ميدوست Midwest. العيادة يقودها أطباء وتُدار احترافياً تحت إطار نظام رعاية صحية متكامل. ومع أنّ بعض الأطباء في

العيادة كان لهم خبرة سابقة في استعمال تقانة EMR ضمن أطر أخرى، ولكن الدراسة أجريت قبل أن يُنجّز في العيادة نظام EMR.

أُرسِلت الاستبيانات إلى منازل الأطباء بريدياً، مع رسائل متابعة إلى منازل غير المستجيبين بعد مرور ثلاثة أسابيع وإلى مكاتبهم بعد خمسة أسابيع. ولقد جرى تزويدها بمغلّفات مدفوعة بريدياً لإعادة الإجابات. ولقد أعيد نحو 266 استبيان (74%). ولقد جرى حذف خمس استبيانات (1.4%) لأنّ نصف الفقرات في الاستبيان على الأقل لم يُجب عنها. وعليه جرى الحصول على معطيات قابلة للاستعمال من (73%) 261 من المستجيبين. لقد كان معدّل الاستجابة المرتفع والنسبة المنخفضة للاستبيانات المستثناة نتيجةً للتذكيرات التي قام بها المديرون والأطباء التنفيذيون للدعوة للمشاركة في البحث. أرسلت هذه الدعوات عبر البريد الإلكتروني، ورسائل الأخبار الأسبوعية واجتماعات العاملين.

الاستبيان

جرى تطوير استبيان متعدد الفقرات يعتمد على أبحاث EMR سابقة تُركّز على معاملات النجاح الحرجة، قبول أو معارضة الطبيب والوظيفيّة. سأل الاستبيان المستجيبين أن يحددوا أهمية 19 وظيفة في EMR تبعاً للاستعمال المتوقع في العيادة. ولقد قيّم كل واحد من المستجيبين كل وظيفة على سلّم Likert بست نقاط تتراوح بين "1-يومياً" و"6-أبداً". الوظائف التسع عشرة مبيّنة في الجدول (1). ولقد استعملت فقرات فرديّة أخرى للحصول على عمر الطبيب، وجنسه واختصاصه. ولقد وُجد أن القدرة الحاسوبيّة تُقيّم بأفضل ما يمكن من طريق سؤال المستجيبين ليُقدّروا معرفتهم/خبرتهم في العمل مع تطبيقات على أساس ويندوز (مثل: Word وPowerPoint وExcel) على سُلّم من "1-احترافية" إلى "-6غير موجودة".

الجدول (1). وظائف EMR ووسطي الاستعمال المتوقّع.

	الوظيفة	المتوسط
1	استرجاع وعرض الملاحظات السريرية والتقارير	1.70
2	استرجاع وعرض فحوصات مساعدة: نتائج فحصوات مخبرية	1.71
3	استرجاع وعرض فحوصات مساعدة: نتائج تصوير شعاعي- تفسيرات/تقارير	1.83
4	استرجاع وعرض معطيات سريرية: الطول والوزن وأسباب التحسّس	1.96
5	استرجاع وعرض فحوصات: نتائج تصوير شعاعي- صور	2.21
6	عرض، تحديث مؤتمت للتشخيصات وقوائم الأدوية على أساس تحديث الممرض أو الطبيب	2.21
7	استرجاع وعرض معطيات سريرية: غير ما سبق	2.30
8	الوصفة الطبية – دواء – دواء وتحسس والتحقق من الجرعة وإدارة الاستمارات	2.34
9	استرجاع وعرض معطيات سريرية: معطيات ديموغرافية	2.41
10	استرجاع وعرض فحوصات: طب نووي	2.51
11	عرض، تحديث مؤتمت طباعة و/ أو إرسال للوصفات (مدخل طلب الطبيب مطلوب)	2.51
12	استرجاع وعرض معطيات تابعة الزمن	2.65
13	الوثائق الوظيفية على أساس القوالب متاحة لبناء أو لشراء قوالب	2.68
14	القدرة على ربط التشخيصات بطلب الاختبار والأدوية (مدخل طلب الطبيب)	2.70
15	صندوق وارد تدفق العمل للمكتب – المعطيات / المعلومات قيد الانتظار	2.74
16	دعم القرار – نفاذ على الخط للتعليمات، أنظمة منطقية خبيرة محدودة وتذكير/تنبيهات	3.11
17	تذكيرات صحيّة وقائيّة عند زيارة المريض	3.20
18	تقارير إدارة طبيّة: إعلام المريض بالتشخيص الطبي	3.38
19	تقارير إدارة طبيّة: تقارير إدارة الأمراض	3.55

سُلّم Likert: "1- يومياً " و "6- أبداً".

النتائج

نجد المتوسطات الكلية لوظائف EMR التسع عشرة مبيّنة في الجدول(1). وكما يمكن أن نرى في الجدول(1) ، كان هناك تنوع كبير في الاستعمال المتوقّع لوظائف EMR. ولقد نُظِرَ إلى استرجاع وعرض الملاحظات السريريّة والنتائج المخبرية وتفسير نتائج التصوير الشعاعي على أنّها أهم وظائف EMR. ولقد اعتبرت التذكيرات الصحية الوقائيّة، وإعلام المريض وتقارير إدارة المرض الأقل أهمية.

لفحص العلاقة بين عمر الطبيب والاستعمال المتوقّع لوظائف EMR، أُجري تحليل منفصل للتباين (Analysis of Variance) (ANOVA) على كل واحدة من الوظائف التسع عشرة. النتائج ملخّصة في الجدول عموماً توقّع الأطباء الأصغر سناً استعمالاً أكبر لوظائف EMR. ولكن الاختلاف بين الفئات العمريّة كان ملموساً في حالة أربع وظائف فقط. وتحديداً، لوحظت فروقات معنوية في حالة عرض الملاحظات السريرية، والنتائج المخبرية، وتحديث التشخيص وقوائم الأدوية وإدارة الوصفات الطبية والاستمارات.

الجدول (2). عمر الطبيب ومتوسّط توقّع الاستعمال

الوظيفة	تحت 35	35– 44	45 – 55	ما فوق 55	F
حجم العينة	24	98	90	44	
عرض الملاحظات السريرية والتقارير	1.33	1.49	1.58	2.45	8.04**
عرض النتائج المخبرية	1.29	1.71	1.66	2.02	2.71*
النتائج الشعاعية– تفسير/ تقارير	1.41	1.63	1.73	2.28	1.81
عرض الطول والوزن والتحسس	1.57	1.91	1.93	2.31	1.36
عرض الصور الشعاعية	2.30	2.27	2.05	2.35	0.61
تحديث التشخيص وقوائم الأدوية	1.45	1.95	2.40	2.80	5.19**
عرض معطيات سريرية أخرى	1.91	2.30	2.00	2.85	2.11
إدارة الوصفات الطبية والاستمارات	1.59	2.35	2.22	2.83	3.08*

عرض الديموغرافيا	2.52	2.18	2.48	2.78	1.71
عرض الطب النووي	1.96	2.65	2.38	2.60	1.54
إرسال الوصفات الطبية	2.24	2.34	2.54	2.95	1.37
عرض المعطيات السريرية تبعاً للزمن	2.50	2.62	2.43	3.18	2.17
الوثائق وفق القوالب	2.30	2.70	2.91	3.50	2.43
ربط التشخيص بالاختبار وطلبات الأدوية.	2.18	2.72	2.69	2.93	0.94
صندوق وارد تدفق العمل-المعطيات/المعلومات بالانتظار.	2.55	2.62	2.65	3.23	1.49
دعم القرار (تعليمات المنطق الخبير)	2.52	3.19	3.02	3.37	1.61
مُذكّرات الصحة الوقائيّة	2.47	3.14	3.22	3.49	1.53
إدارة طبية: إعلام بالتشخيص	3.52	3.49	3.06	3.54	1.28
إدارة طبية: تقارير إدارة المرض	3.65	3.57	3.41	3.51	0.20

* $p<0.05$، ** $p<0.01$

استُعمل (ANOVA) لفحص الاختلافات الكامنة تبعاً للجنس. لم يُعطِ أيٌّ من الاختبارات الإحصائية التسعة عشر نتائج ملموسة. ولكن، توقّعت الطبيبات استعمالاً أعلى للوظائف (وسطي 2.40 لجميع الوظائف) من الأطباء الذكور (وسطي 2.57 لجميع الوظائف) ولكن الفارق لم يكن ملموساً.

يُلخّص الجدول (3) النتائج الموافقة للمعرفة الحاسوبيّة للطبيب. وكما هو متوقع، فإنّ الأطباء الذين كانوا يمتلكون معرفة احترافية بالحاسوب توقعوا استعمالاً أكبر للوظائف من الأطباء الذين كانوا أقلّ معرفة بالحاسوب. ولقد كانت الفروقات، بين المستويات الأربعة للتقديرات الذاتية لمدى الدراية بالحاسوب، ملموسة في حالة سبع وظائف EMR من بين الوظائف التسع عشرة المدروسة. وتحديداً، لوحظت فروقات كبيرة في عرض الملاحظات السريرية، والديموغرافيات وإرسال الوصفات الطبية وعرض المعطيات تبعاً

للزمن والتوثيق المُوجّه بالقوالب، وربط التشخيص بالاختبار وطلبات الأدوية. وصندوق وارد تدفق العمل للمعطيات والمعلومات في قيد الانتظار في المكتب.

الجدول(3). المعرفة الحاسوبية للطبيب ومتوسّط توقّع الاستعمال

الوظيفة	محترف	مناسب	أصغري	غير موجود	F
حجم العينة	69	114	55	22	
عرض الملاحظات السريرية والتقارير	1.42	1.68	1.87	2.25	2.87*
عرض النتائج المخبرية	1.59	1.67	1.98	1.65	1.57
النتائج الشعاعية– تفسير/ تقارير	1.80	1.76	2.04	1.81	0.72
عرض الطول والوزن والتحسس	1.75	1.88	2.19	2.50	1.81
عرض الصور الشعاعية	2.23	2.17	2.24	2.25	0.06
تحديث التشخيص وقوائم الأدوية	1.94	2.23	2.24	3.00	2.21
عرض معطيات سريرية أخرى	2.15	2.27	2.48	2.80	0.47
إدارة الوصفات الطبية والاستمارات	2.20	2.27	2.36	3.10	1.70
عرض الديموغرافيا	1.83	2.48	2.88	2.70	4.40**
عرض الطب النووي	2.58	2.47	2.58	2.26	0.28
إرسال الوصفات الطبية	1.87	2.54	2.98	3.41	6.42**
عرض المعطيات السريرية تبعاً للزمن	2.21	2.51	3.06	3.88	7.26**
الوثائق وفق القوالب	2.21	3.06	3.02	3.82	4.93**
ربط التشخيص بالاختبار وطلبات الأدوية	2.36	2.73	2.69	3.74	3.37*
صندوق وارد تدفق العمل – المعطيات/ المعلومات بالانتظار	2.31	2.67	3.02	4.21	6.03**
دعم القرار (تعليمات المنطق الخبير)	2.87	3.18	3.00	3.89	2.15
تذكيرات الصحة الوقائيّة	2.82	3.40	3.19	3.47	1.51

إدارة طبية: إعلام بالتشخيص	3.15	3.48	3.33	3.82	0.90
إدارة طبية: تقارير إدارة المرض	3.35	3.70	3.44	3.76	0.75

* $p<0.05$، ** $p<0.01$

يُلخص الجدول (4) النتائج المتعلّقة باختصاص الطبيب. لقد كانت الفروقات بين اختصاصات الأطباء ملموسة باستثناء ثلاث وظائف EMR. عموماً، توقّع أطباء العناية الأوّلية أكبر استعمال لوظائف EMR. لقد كان الاستعمال المتوقّع الأعلى بين أطباء العناية الأوّلية في حالة 11 وظيفة من بين الوظائف الست عشرة التي لوحظت فيها اختلافات ملموسة. ولقد توقّع مزوّدو المناطق أكبر استعمال لتحديث التشخيص وقوائم الأدوية إلى جانب تقارير إدارة المرض. أمّا الأطباء الاختصاصيّون فقد توقعوا أكبر استعمال لعرض المعطيات السريرية الأخرى. وتوقّع أطباء المشافي أكبر استعمال لعرض نتائج التصوير الشعاعي والطب النووي. أمّا الجرّاحون فلم يتوقعوا أعلى استعمال لأي من الوظائف عند مقارنتهم ببقية الفئات، وتشير النتائج إلى أنهم توقعوا أقلّ استعمال لأربع وظائف من بين الست عشرة وظيفة حيث كانت هناك فروقات ملموسة. أمّا أطباء المشافي فقد توقعوا أقل استعمال لإحدى عشرة وظيفة من بين الوظائف المعنوية الست عشرة.

الجدول (4). اختصاص الطبيب ومتوسّط توقّع الاستعمال

الوظيفة	العناية الأولية	مزودو المناطق	أطباء أخصائيون	أطباء مشافي	جرّاحون	F
حجم العينة	64	52	52	28	62	
عرض الملاحظات السريرية والتقارير	1.41	1.64	1.67	1.81	2.01	1.99
عرض النتائج المخبرية	1.39	1.72	1.52	1.52	2.29	7.51**

النتائج الشعاعية – تفسير/ تقارير	1.52	1.91	1.58	1.81	2.29	4.28**
عرض الطول والوزن والتحسس	1.39	1.42	2.19	3.00	2.38	9.61**
عرض الصور الشعاعية	2.04	2.65	1.92	1.81	2.41	2.82*
تحديث التشخيص وقوائم الأدوية	1.74	1.72	2.10	3.78	2.48	11.12**
عرض معطيات سريرية أخرى	1.96	2.47	1.70	1.77	3.05	4.65**
إدارة الوصفات الطبية والاستمارات	1.71	1.94	2.10	3.96	2.81	13.46**
عرض الديموغرافيا	2.06	2.09	2.79	2.80	2.59	2.24
عرض الطب النووي	2.31	2.48	2.13	2.11	3.20	4.87**
إرسال الوصفات الطبية	1.96	2.11	2.28	4.85	2.48	19.34**
عرض المعطيات السريرية تبعاً للزمن	2.50	2.60	2.47	2.83	2.95	0.91
الوثائق وفق القوالب	2.41	2.44	2.80	5.05	2.95	10.50**
ربط التشخيص بالاختبار وطلبات الأدوية.	2.10	2.19	2.53	4.56	3.03	14.18**
صندوق وارد تدفق العمل – المعطيات/المعلومات بالانتظار.	2.19	2.57	2.65	4.52	2.70	10.97**
دعم القرار (تعليمات المنطق الخبير)	2.70	2.76	2.77	4.80	3.40	11.64**
تذكيرات الصحة الوقائيّة	2.16	2.29	3.57	5.54	3.76	29.27**
إدارة طبية: إعلام بالتشخيص	3.00	3.00	3.30	4.96	3.45	7.62**
إدارة طبية: تقارير إدارة المرض	3.29	3.10	3.48	4.83	3.68	5.23**

* $p<0.05$، ** $p<0.01$

المناقشة

لقد كان معدّل الاستجابة المرتفع (74%) أحد نقاط القوّة في هذه الدراسة، وهذا ما ساعد على تجاوز القصورات في بعض الدراسات السابقة التي يمكن أن تكون نتائجها منحازةً بسبب كون الأطباء الذين استجابوا لها هم أنفسهم الأطباء الأكثر اهتماماً بتقانة EMR. ولكن مع معدّل الاستجابة المرتفع في هذه الدراسة، يجب أن تكون النتائج مُمَثِّلة لآراء الأطباء العاملين في العيادات المتعدّدة الاختصاصات.

تشير النتائج الحالية إلى فروقات كبيرة في الاستعمال المتوقع لوظائف EMR المتنوعة. ولقد كانت وظائف عرض الملاحظات السريرية والنتائج المخبرية وتفسير النتائج الشعاعيّة هي الوظائف التي توقع الأطباء أن تكون الأكثر استعمالاً. وكانت وظائف تذكيرات الصحة الوقائية وإعلام المريض وتقارير إدارة المرض هي الوظائف التي حصلت على أقل تقدير بدلالة الاستعمال المتوقع. ولكن، كان الاستعمال المتوقع للوظائف مقترناً اقتراناً كبيراً ببعض مميّزات الأطباء.

ولقد اقترحت الأبحاث السابقة عموماً أن عمر الطبيب مرتبط باستعمال أنظمة EMR حيث يميل أكثر الأطباء الأصغر سناً إلى تقبّل تقانة EMR (Burt et al., 2005; Terry, 2005) لقد اقترحت نتائج هذه الدراسة أن الأطباء تحت عمر 35 توقّعوا عموماً استعمالاً أكبر لوظائف EMR من الأطباء في الفئات العمرية الأخرى. ولكن لم يكن الفرق بين الفئات العمرية المختلفة ملموساً إلاّ في حالة ثلاث من بين الوظائف التسع عشرة. يوحي هذا بوجود قدر من التنوّع ضمن كل فئة عمريّة في ما يتعلّق بالاستعمال المتوقع لوظائف EMR. وعليه، فمع أنّه يوجد ميل لدى الأطباء الأصغر سناً نحو توقع استعمال أكبر لوظائف EMR، لا يبدو أنّ العمر سيكون المُحدّد الأساسي للاستعمال المتوقع لهذه الوظائف.

أشارت الأدلة التجريبية السابقة إلى وجود أدلة ضعيفة على الدور الذي يؤديه جنس الطبيب في تقبّل تقانة EMR (Audet et al., 2004; Burt et al., 2005). النتائج

الحالية متفقة مع هذه الاكتشافات. في هذه الدراسة لم تكن هناك فروقات ملموسة بين الأطباء الذكور والطبيبات من حيث الاستعمال المتوقع لوظائف EMR التسع عشرة.

تقترح هذه النتائجُ، متّسقةً مع الدراسات السابقة روبينوفيتش (Rabinovitch, 2007)، وجودَ قدر كبير من التنوع في معرفة الأطباء بالحواسيب. في هذا التحري، قدّر 26.5% من الأطباء استعمالهم للحواسيب بأنه احترافي، وبالمقابل اعترفت نسبة 29.6% من الأطباء بأن مهاراتهم الحاسوبية ضئيلة أو غير موجودة. وكما هو متوقع، الأطباء الذين اعتبروا معرفتهم باستعمال الحواسيب احترافية توقعوا استعمالاً أكبر لوظائف EMR من الأطباء الأقل مهارة حاسوبياً. كانت الفروقات ملموسة في حالة ثماني وظائف من بين التسع عشرة وظيفة EMR. وعليه، تدعم النتائج الفكرة المُقترحة من أبحاث سابقة والتي تنص على وجوب أن يكرّس المنهاج في المدارس الطبية جهداً أكبر على تحسين المهارات الحاسوبية للأطباء، بحيث يصبحون قادرين على التفاعل الفاعل مع تقانات المعلومات الصحية الحديثة (McGowan et al., 2007).

العامل الذي كانت له المساهمة الأكبر في تنوع الاستعمال المتوقع لوظائف EMR هو الاختصاص الطبي. في ما يتعلّق بالاختصاص الطبي، لوحظ فرق ملموس في حالة جميع الوظائف التسع عشرة باستثناء ثلاث منها. وعموماً، توقع أطباء العناية الأولية أكبر استعمال لوظائف EMR. وتحديداً، توقع أطباء العناية الأولية استعمالاً أكبر لإحدى عشرة وظيفة من بين الوظائف الست عشرة التي كانت فيها الفروقات تبعاً للاختصاصات ملموسة. ولكن توقع بعض الأطباء المختصين الآخرين استعمالاً أكبر لبعض وظائف EMR. فمثلاً، توقع مزوّدو المناطق استعمالاً أكبر لتحديث التشخيصات وقوائم الأدوية، وتقارير إدارة المرض من بقيّة المختصين. وتوقّع الأطباء الأخصّائيون أكبر استعمال لعرض المعطيات السريرية الأخرى، في حين توقّع أطباء المشافي استعمال عرض الصور الشعاعية والطب النووي أكثر من بقية الأطباء.

الفروقات بين الاختصاصات الطبية متوقعة بسبب تنوع المعالجات التي يقدمها الأطباء. فمثلاً، من الواضح أنّ إدارة الوصفات الطبية ستكون وظيفة مهمة للأطباء

الاختصاصيين وأطباء العناية الأولية، لأنهم غالباً ما يعالجون مرضى مصابين بأمراض مزمنة تتطلّب معالجات دوائية متعدّدة. وبالعكس، يصف الجراحون نموذجياً مجالاً ضيقاً من المعالجات الدوائية على أساس قصير المدى زمنياً، ولذلك قد لا تكون إدارة الوصفات الطبية وظيفة حيوية في مجال خبرتهم.

الفروقات في النتائج في حالة الاختصاصات الطبية تؤكد على صعوبة تطوير أنظمة EMR للعيادات المتعددة الاختصاصات. نظرياً، يمكن لبائعي EMR أن يطوروا أنظمة تتضمن جميع وظائف EMR الممكنة. ولكن، تضمين جميع الوظائف يزيد كلفة نظام EMR وأكثر أهمية، يزيد تعقيد استعمال النظام. وعليه، قد يكون أسهل بكثير تطوير أنظمة خاصة بكل اختصاص، حيث يجري بسهولة تحديد الوظائف الأكثر أهمية. التحدي أمام بائعي EMR هو تطوير أنظمة للعيادات المتعددة الاختصاصات تتضمن جميع الوظائف التي يحتاجها مختلف الاختصاصيين، والمحافظة في الوقت نفسه على صيغة صديقة للمستعمل تتيح لجميع الأطباء الأخصائيين النفاذ السهل إلى المعلومات التي يحتاجونها أكثر. مثالياً، يجب أن يتطلب نظام EMR تخصيصاً أصغرياً، إذْ كلما زاد التخصيص المطلوب نقصت فُرص نجاح تنجيز نظام EMR (Bergeron, 2006). ولكن، تحتاج أنظمة EMR المعدّة للعيادات المتعددة الاختصاصات أن تسمح بالمرونة في التطوير، حيث يساهم الأطباء في اختيار وتعديل وظائف النظام لتلبية احتياجات أقسامهم (Ovretveit, Scott, Runall, Shortell and Brommels, 2007).

القصورات والأبحاث المستقبليّة

هناك قصورات وحدود لكل الأبحاث التي تُجرى على أساس الاستبيان ومن المناسب ملاحظة أيّها يؤثّر بالاكتشافات في هذه الدراسة. أولاً، لمّا كانت هذه الدراسة مقتصرةً على عيادة واحدة، فيمكن للمرء أن يتساءل عن كون العيّنة المدروسة مُمثِّلة لجميع العيادات. وعلى الرغم من استعمال عيّنة مناسبة بدلاً من عيّنة معقّدة من عالم الأطباء العاملين في عيادات، فإنّ معظم الاختصاصات الطبية كانت ممثلة بين الأطباء المستجيبين

للاستبيان، ولكن الأطباء كانوا مقترنين بعيادة واحدة متعددة الاختصاصات، وحجم العيادة مرتبط باستعمال EMR (Burt and Sidk, 2005). لذلك، مع أن الدراسة تفحصت الفروقات بين الاختصاصات ولكنها لم تعطِ فكرةً عمّا إذا كانت رؤى الأطباء المتعلقة بالاستعمال المتوقع لوظائف EMR تتأثر بوضع العيادة، وتحديداً بحجمها. ونحتاج إلى دراسة مُماثلة مع عيّنات مأخوذة من إطار يمثل عيادات كبيرة أخرى واختصاصات طبية متعددة ضمن عيادات أصغر حجماً، بهدف تحديد المدى الذي يمكن إليه تعميم اكتشافات هذه الدراسة. وهناك قصور آخر في هذه الدراسة هو إهمالها لمسألة الأهمية النسبية لوظائف EMR المختلفة. وفي حين يكون الاستعمال المتوقع هو بوضوح مؤشر على الأهمية، يمكن أن نحصل على معرفة أعمق من طريق التقييم الصريح للأهمية النسبية لوظائف EMR المنفردة. لذلك نحتاج إلى بحث إضافي لدراسة بُعد الأهمية لأنّ استعمال وظائف مختارة قد يكون نادراً أو استثنائياً ومن ثَمّ، يؤدي دوراً ضعيفاً في اتخاذ قرار تبني EMR. المدى الذي تمثل فيه مميزاتُ الأطباء في هذه الدراسة الأطباءَ عموماً هو أيضاً غير معروف. وبالنظر إلى الوراء، كان يجب أن نأخذ في الحسبان معطيات ديموغرافيّة إضافية مثل عدد السنوات منذ المدرسة الطبيّة، عدد سنوات العمل في هذه العيادة، نوع وفترة التدريب، التي كان علينا جمعها عند إجراء الدراسة للمساعدة في تقدير إلى أي مدى تمثّل عيّنتنا الأطباء بوجه عام. وأخيراً، لم يجرِ التطرق إلى انحياز عدم الإجابة في هذه الدراسة. إنّ اعتبارات سياسية مع العيادة التي موّلت الدراسة قد منعتْ الباحثين من متابعة غير المُستجيبين لبحث مدى الانحياز الذي تسببه أيُّ عدمِ استجابةٍ على اكتشافات الدراسة. يجب أن تحاول الدراسات المستقبلية، إما أن تقيّم انحياز عدم الاستجابة، أو على الأقل أن تحدد مميزات غير المستجيبين لتحديد ما إذا كان بالإمكان توليف تثقيل أخذ العيّنة لجعل الانحياز أصغرياً.

الخاتمة

في الختام، لا يبدو أن عمر الطبيب أو جنسه عاملان يتيحان التنبؤ بأنّ الطبيب سيكون مُبادراً أو أنّه سيعارض تنجيز أنظمة EMR. وكما كان متوقعاً، تنوّعَ الاستعمال المتوقع لوظائف EMR تبعاً للاختصاص الطبي، ولكن جميع الاختصاصات الطبية وجدت بعض الوظائف مهمة جداً. لهذا الاكتشاف انعكاسات على إدارات العيادات، والأطباء وبائعي EMR عندما يحاولون "بيع" الأطباء فكرة تبني أنظمة EMR. فقد يكون التركيز على الوظيفية أقل فاعلية من استهداف وظائف مختارة متوافقة مع الاحتياجات المتوقعة لمجموعات محددة من الأطباء. وبالمثل، قد يكون التركيز على وظيفية EMR أمام أطباء لديهم مهارات حاسوبية ضئيلة أو محدودة أمراً غير منتج. على أساس هذه الدراسة، كان الأطباء الذين قدّروا معرفتهم الحاسوبيّة بأنها احترافية أفضل المتنبئين بالاستعمال المتوقع لوظائف EMR. تقترح هذه النتائج أنّ بإمكان الأطباء أن يفهموا فوائد تقانة EMR، ولكنّ أولئك الذين يملكون معرفة محدودة بالحاسوب لا يتوقّعون استعمال وظائف EMR. وكما اقتُرِحَ في دراسات سابقة ماك غوان (McGowan, et al., 2007)، يقتضي هذا أنّ تدريباً أكثر على مهارات الحاسوب قد يكون أحد المفاتيح لزيادة تقبّل تقانة EMR.

المراجع

Agarwal, R., and Prasad, J. (1997). The role of innovation characteristics and perceived voluntariness in the acceptance of information technologies. *Decision Sciences*, 28(3), 557–582. doi:10.1111/j.1540-5915.1997.tb01322.x

American Hospital Association. (2007). Continued progress: Hospital use of information technology. Retrieved February 4, 2008 from www-03. ibm.com/industries/healthcare/doc/content/bin/continuedprogress.pdf

Anderson, D. M., Asher, L. M., and Wilson, E. A. (2007). Physician computer skills: A prerequisite to the future in healthcare services. *The Journal of the Kentucky Medical Association*, 105(2), 67–71.

Anderson, J. G., and Balas, E. A. (2006). Computerization of primary care in the United States. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 1(3), 1–23. doi:10.4018/jhisi.2006070101

Andrews, J. E., Pearce, K. A., Ireson, C. and Love, M. M. (2005). Information-seeking behaviours of practitioners in a primary care practice-based research netwok (PBRN), *Journal of Medical Library Association*, 93(@), 206-212.

Armstrong, T. (2007). Electronic medical record, *MD Point CMS.* Retrieved February 4, 2008 from http://www.mdpointcms.com/index.php?x=20

Audet, A., Doty, M., Peugh, J., Shamasdin, J., Zapert, K., and Schoenbaum, S. (2004). Information technologies: When will they make it into physicians' black bags? *Medscape General Medicine*, 6(4), 843–853.

Bergeron, B. P. (2006). I have an EMR system – now what? *The Journal of Medical Practice Management*, 22(3), 131–132.

Burt, C. W., Hing, E., and Woodwell, D. (2005). Electronic medical record use by office-based physicians: United States, 2005, *National Center for Health Statistics*. Retrieved February 4, 2008 from http://www.cdc.gov/nchs/products/pubs/pubd/hestats/electronic/electronic.htm

Burt, C. W., and Sisk, J. E. (2005). Which physicians and practices are using electronic medical records? *Health Affairs*, 24(5), 1334–1343. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1334

Chau, P. Y. K., and Hu, P. J. H. (2001). Information technology acceptance by individual professionals. *Decision Sciences*, 32(4), 699–719. doi:10.1111/j.1540-5915.2001.tb00978.x

Connolly, C. (2005, March, 21). Cedars-Sinai Doctors Cling to Pen and Paper, *The Washington Post*, p. A01. Retrieved February 4, 2008 from http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A52384-2005Mar20.html

Corey, C., and Grossman, J. M. (2007). Clinical information technology adoption varies across physician specialties, *Center for Studying Health System Change*. Data Bulletin, Number 34. Retrieved February 4, 2008 from http://www.hschange.com/CONTENT/945/

Darr, A., Harrison, M. I., Shakked, L., and Shalom, N. (2003). Physicians" and nurses" reaction to electronic medical records. *Journal of Health Organization and Management*, 17(5), 349–359. doi:10.1108/14777260310505129

Davis, F. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *Management Information Systems Quarterly*, 13, 319–340. doi:10.2307/249008

Davis, F., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982–1003. doi:10.1287/mnsc.35.8.982

From clipboards to keyboard (2007, May 19). *The Economist*, pp. 68-69.

Fronkych, K., and Taylor, R. (2005). The state and pattern of health information technology adoption, *The Rand Corporation Monograph*. Retrieved February 4, 2008 from http://www.rand.org /pubs/monographs /MG409/

Handy, J., Whiddett, R., and Hunter, I. (2001). A technology acceptance model for inter-organizational electronic medical records systems. *AJIS*, 9(1), 39–50.

Health IT Strategic Framework. (2004), Office for the National Coordinator for Health Information Technology. *United States Department of Health and Human Services*. Retrieved February 4, 2008 from http://www.hhs.gov/ healthit/preface.html

Ilie, V., Courtney, J. F., and Slyke, C. V. (2007). Paper versus electronic: Challenges associated with physicians' usage of electronic medical records. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Science*.

Joos, D., Chen, Q., Jirjis, J., and Johnson, K. B. (2006). An electronic medical record in primary care: Impact on satisfaction, work efficiency, and clinical processes. *AMIA Symposium Proceedings*, 394-398.

Kirshner, M., Salomon, H., and Chin, H. (2004). An evaluation of one-on-one advanced proficiency training in clinicians" use of computer information systems. *International Journal of Medical Informatics*, 73(4), 341–348.

MacGregor, R. C., Hyland, P. N., Harvie, C., and Lee, B. C. (2007). Benefits derived from ICT adoption in regional practices: Perceptual differences between male and female general practitioners. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 2(1), 1–13. doi:10.4018/jhisi.2007010101

Mazzoleni, M. C., Baiardi, P., Giorgi, I., Franchi, G., Marconi, R., and Cortesi, M. (1996). Assessing users" satisfaction through perception of usefulness and ease of use in the daily interaction with a hospital information system. Proceeding of the AMIA Annual Fall Symposium.

McGowan, J. J., Passiment, M., and Hoffman, H. M. (2007). Educating medical students as competent users of health information technologies: The MSOP data. *Medinfo*, 12, 1414–1418.

McLane, S. (2005). Designing an EMR planning process based on staff attitudes toward and opinions about computers in healthcare. *Computers, Informatics, Nursing CIN*, 23(2), 85–92.

Nelson, R. (2005). Connecting the providers in your healthcare community: One step at a time. *Frontiers of Health Services Management*, 22(2), 13–23.

Osbourne, J. A., and Clarke, M. (2006). Factors motivating the acceptance of new information and communication technologies in UK healthcare. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 1(4), 29–39. doi:10.4018/jhisi.2006100103

Ovretveit, J., Scott, T., Rundall, T. G., Shortell, S. M., and Brommels, M. (2007). Improving quality through effective implementation of information technology in healthcare. *International Journal for Quality in Health Care*, 19(5), 259–266. doi:10.1093/intqhc/mzm031

Pizzi, R. (2007). U.S. EHR market to approach $5 billion by 2015, *Healthcare IT News*, Retrieved February 4, 2008 from. www.healthcareitnews.com/story.cms?id=6332 - 31k

Rabinovitch, I. (2007, July). Speedy EMR implementations. *Technology for Doctors*.

Reardon, J. L., and Davidson, E. (2007). How do doctors perceive the organizing vision for electronic medical records? Preliminary findings from a study of EMR adoption in independent physician practices, Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Science.

Shekelle, P. G., Morton, S. C., and Keeler, E. B. (2006). Costs and benefits of health information technology. *Evidence Report/ technology Assessment*, 132, 1–71.

Terry, K. (2005, January 21). Exclusive survey: Doctors and EHRs, *Medical Economics*, Retrieved 2/4/08 from *http://www.memag.*com/memag/article/articleDetail.jsp?id=143144

Thompson, D. I., Osheroff, J., Classen, D., and Sittig, D. F. (2007). A review of methods to estimate the benefits of electronic medical records in hospitals and the need for a national benefits database. *Journal of Healthcare Information Management*, 21(1), 62–68.

Van Der Meijden, M. J., Tange, H. J., Troost, J., and Hasman, A. (2003). Determinants of success of inpatient clinical information systems: A literature review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 10(3), 235–243. doi:10.1197/jamia.M1094

Vanmeerbeek, M. (2004). Exploitation of electronic medical records data in primary health care. Resistance and solutions. Study in eight Wallon health care centres. *Studies in Health Technology and Informatics*, 110, 42–48.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *Management Information Systems Quarterly*, 27(3), 425–478.

Wager, K., Lee, F. W., and White, A. w. (2002). *Life After a Disastrous Electronic Medical Record Implementation: One Clinic's Experience*. Hershey, PA: Idea Group Publishing.

Wager, K. A., Zoller, J. S., and Soper, D, E., Smith, J. B., Waller, J. L. and Clark, F. C. (2008). Assessing physician and nurse satisfaction with an ambulatory care EMR: One facility's approach. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 3(1), 63–74. doi:10.4018/jhisi. 2008010104

Whitten, P., Buis, L. and Mackert, M. (2007). Factors impacting providers' perceptions regarding a Midwestern university-based EMR. *Telemedicine and e-Health*, 13(4), 391-397.

لقد نُشر هذا العمل سابقاً في:

International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics, Volume 4, Issue 2, pp. 1-16.

الفصل الثامن

اتخاذ القرار من قبل أطباء غرفة الطوارئ والمقيمين: مقتضيات لتصميم أنظمة دعم القرار السريري

مايكل ج. هاين

جامعة كارلتون، كندا

كين ج. فاريون

مستشفى الأطفال في أونتاريو الشرقية، كندا

فوجتيك ميكالوفسكي

جامعة أوتاوا، كندا

سيمون ويلك

جامعة بوزان للتقانة، بولندا

ملخص

يجري إنشاء أنظمة دعم القرار السريري (Clinical Decision Support Systems) (CDSS) نموذجياً انطلاقاً من المعرفة الخبيرة وهي غالباً ما تعتمد على مدخلات يصعب الحصول عليها، وعلى معرفة ضمنيّة يمتلكها الأطباء الممارسون أصحاب الخبرة فقط. يستعمل البحث الموصوف في هذه المقالة نتائج تجريبية مستقاة من تجربة سريرية لنظام CDSS مع نموذج اتخاذ قرار يعتمد على معرفة خبيرة لإظهار أنّه توجد فروقات في

الكيفية التي تقوم فيها مجموعات من الأطباء السريريين من الاختصاص نفسه، ولكن بمستويات مختلفة من الخبرة، باستنباط متغيرات الدَخْل الضرورية لنظام CDSS، وتستعمل تلك المتغيرات في اتخاذ قراراتها السريريّة. يبين هذا المقال أنّه لدى الأطباء السريريين المبتدئين صعوبة في استنباط متغيرات دَخْل نظام CDSS التي تتطلّب فحصاً فيزيائياً، ومع ذلك فإنهم يستعملون هذه المتغيرات المُستنبطة استنباطاً خاطئاً في اتخاذ قراراتهم السريريّة. وتُناقَش مقتضيات ذلك على تصميم CDSS.

مقدمة

إنّ اتخاذ القرار السريري عملية معقّدة وغالباً ما يزيد تعقيدها تنوعٌ من الأمور التي تدعو للشك والارتياب. إنها تعتمد على معلومات دقيقة، يجب أن تشتمل، وفق أنصار الطب على أساس الدليل (Evidence Based Medicine) (EBM) واتخاذ القرار، وعلى تكامل الخبرة السريرية مع أفضل الأدلّة السريرية المتوافرة المولّدة بواسطة أبحاث علمية عالية المستوى ساكيت، روزنبرغ، غراي، هاينز، ريتشاردسون (Sackett, Rosenberg, Gray, Haynes and Richardson, 1996). يكتسب EBM الدعم والزخم وصار يسمى النموذج المُسيطر على اتخاذ القرار السريري في الطب (Haynes, 2002). ونتج من الحاجة لاتباع تعليمات EBM وضعٌ يعتمد فيه الممارسون السريريون على كميات هائلة من المعلومات والمعرفة لاتخاذ القرارات التي تحقق أفضل مصلحة للمريض. تشتمل مصادر المعلومات والمعرفة هذه على السجلات الطبية الإلكترونية، وتعليمات العيادات السريرية، والمجلات الجامعية النظرية والعملية وغيرها. وعلى نحو متزايد بدأ يُنظَر في حلول تعتمد على تقانة المعلومات (IT) بصفتها آليات حاسمة لدعم القرار للتوثق من امتلاك الممارسين السريريين إمكانية النفاذ إلى مصادر المعرفة المناسبة عند اتخاذهم القرارات السريرية. وإحدى فئات الحلول المعلوماتية التي يُبدي المجتمع الطبي نحوها اهتماماً متزايداً هي أنظمة دعم القرار السريري(Clinical Decision Support Systems) (CDSS).

استناداً إلى تعريف مقبول جيّداً، نظامُ CDSS هو "أيّ برنامج مُصمّم لمساعدة مُحترفي الرعاية الصحية في اتخاذ القرارات السريرية" (Musen, Shahar and Shortcliffe, 2001). يشمل هذا التعريف عدّة فئات من الحلول المعلوماتية، بما يضم:

- أنظمة لإدارة المعلومات توفّر معطيات عامة ومعرفة للعاملين في الرعاية الصحية، وتضم أنظمة استرجاع المعلومات الطبية، واستخلاص المعرفة الطبية، وأنظمة السجلات الإلكترونية للمرضى (EPRS: Shortcliffe, 1993) لإدارة معطيات المرضى.
- أنظمة لتركيز الاهتمام تكون عادة موجودة في وحدات العناية الفائقة وتُستعمل لتذكير الممارسين السريريّين بالأعمال التي تتطلّب انتباههم.
- أنظمة للتزويد بتوصيات نوعية للمرضى تُقيّم أو تنصح باستعمال المعطيات السريريّة لكل مريض. وهذه تضم أنظمة تتراوح بين تنجيز مباشر لتعليمات الممارسة السريريّة سيروسي، بوود، أنطوان (Seroussi, Bouaud and Antoine, 2001) وتقنيات الذكاء الصناعي المتقدّمة (Hanson and Marshall, 2001).

لقد كانت أنظمة CDSS من النوعين الأوّلين مقبولة جيداً نسبياً وتُستعمل في الممارسة السريرية منذ أكثر من ثلاثة عقود (Anderson, 1997). أمّا الاهتمام المتزايد بالفئة الثالثة فيقوده التحوّل نحو EBM (deDombal, Leaper and Staniland, 1972)، والجهود لتحسين نتائج المرضى (Hunt, Haynes, Hanna and Smith, 1998). عادةً، تُساعد أنظمة التوصيات النوعية للمرضى الممارسين السريريين في اتخاذ نوعين من القرارات – تشخيص (ما هو الوضع الصحي للمريض)– و إدارة (ما هي خطة علاج المريض). ومع أنّ فصل عملية التشخيص عن الإدارة أمرٌ اصطناعي، يعتقد العديد من الممارسين السريريين أنهم بشأن عملية الإدارة غالباً ما يبحثون عن دعم (Musen et al., 2001).

تعكس تقريباً جميع نماذج CDSS النوعية للمرضى خبرة الممارسين السريريين مضمّنة، وهي تعتمد على مُدَخلات دقيقة لإنتاج مُخرجات مُناسبة تحقّق أفضل مصلحة

للمريض. هذا يقتضي أنّه على الممارسين السريريين الذين يستعملون هذه الأنظمة أن يزوّدوها بقيم دقيقة لمتغيّرات الدخْل لا يمكن استنباطها إلاّ بمستوى مناسب من الخبرة. أي، سيكون الممارسون السريريون أصحاب الخبرة فقط قادرين على تقديم مثل هذه المعلومات بأسلوب موثوق وشامل، في حين قد يُجبر الممارسون السريريون قليلو الخبرة على جمع معلومات وإجراء تقديرات لأنشطة قد يفتقدون الفطنة السريرية اللازمة لإجرائها بدقة. وعليه تكون "خطة المعالجة" الناتجة التي يُقدمها نظام CDSS غير مُناسبة للمريض المدروس بسبب النوعية السيئة للمُدخلات المُقدّمة من الممارس السريري.

الهدف من هذا المقال هو تحدّي تصوّر شائع أنّه بإمكان نظام CDSS مصمّم لمجال سريري معرّف جيداً ومحدّد، ولمستعملين من المجال نفسه، أن يستجيب لحاجات ممارسين سريريين لديهم درجات متنوعة من الخبرة في المجال. يستعمل البحث الموصوف في هذا المقال نتائج تجريبية من تجربة سريرية لنظام CDSS، لتبيان وجود فروقات في الكيفية التي تستنبط فيها مجموعات من الممارسين السريريين من أصحاب الاختصاص نفسه، ولكن بدرجات مختلفة من الخبرة، القيم الضروريّة لدخْل نظام CDSS، ثُم تستعمل هذه القيم في قرارتها السريرية. يمكننا من طريق إظهار الفروقات بين نوعية واستعمال متغيرات دَخْل نظام CDSS بين مُمارسين ذوي خبرات متباينة، أن نعطي رؤيةً توجيهيّةً لإدخال تحسينات على تصميم CDSS تُساعد في النهاية على تقديم رعاية أفضل للمرضى.

هذه المقالة مرتبة كما يلي: أولاً، يجري استعراض الأدبيات ذات الصلة حول اتخاذ القرارات السريرية من قبل الممارسين ذوي الخبرة والمستجدّين، وتُستعمل لصياغة فرضيتين بحثيتين. يتبع ذلك وصف لنظام MET-AP CDSS مع شرح لمتغيّرات الدخْل السريرية التي يتطلبها النظام. وبعدئذ، يجري تقديم عرض للتصميم التجريبي، مع الأسلوب التحليلي المُستعمَل. ويتبع هذا مناقشة للنتائج وما تقتضيه على تصميم CDSS.

الخلفيات وفرضيات البحث

يجري نشر أنظمة CDSS النوعية للمرضى في أطر مختلفة ولفئات مختلفة من المستعملين. تعتمد عادة نماذج اتخاذ القرار التي يجري وضعها في أنظمة CDSS نوعية للمرضى على معرفة خبيرة للممارس السريري، إمّا مُكتشفة من معطيات سابقة، أو مُستنبطة من الكتب الطبية أو من تعليمات العيادة أو مستنبطة مباشرة من الطبيب المُمارس باستعمال تنوع من استراتيجيات الحصول على المعلومات مثل بروتوكولات التفكير بصوت عال. في الوقت الذي تتنوع فيه تقنيات الحصول على معرفة خبيرة، تعكس نماذج اتخاذ القرار في أنظمة CDSS النوعية للمرضى دوماً تقريباً خبرة المُمارس السريري. وفي بعض الأحيان، تعكس هذه النماذج "أفضل مُمارسة" من طريق تمثيل معرفة مجمعة من أبحاث علمية موثقة (مثل تضمين تعليمات الممارسة السريرية في نموذج اتخاذ قرار جرى توليده من ملاحظات منتظمة لنتائج الأبحاث العلمية). في أوقات أخرى، تحتاج نماذج اتخاذ القرار هذه أن تُصبح جزءاً من البحث العلمي الذي يمكن للممارسين السريريين أن يستقوا منه بهدف تحسين نتائج المرضى.

الممارسون السريريون، وخصوصاً في المشافي التعليمية، هم إمّا أصحاب خبرة أو مستجدون، وذلك استناداً إلى خبرتهم الطبية ومعرفتهم المرافقة. لقد جرى توثيق الفروقات بين هذين النوعين من متخذي القرارات في الأدبيات الطبية وأدبيات اتخاذ القرار. ولقد ذُكر أنّه في المجالات المعقدة مثل الطب، يلزم نموذجياً عشر سنوات من التدريب قبل أن يُنظر إلى المرء بصفته خبيراً بريتولا، سيمون (Prietula and Simon, 1989). ومع مرور الزمن يُطوِّر الخبراء القدرة على تنظيم المعلومات وتكوين شبكات معقدة من المعرفة تُخزّن في الذاكرة الطويلة الأمد (Arocha, Wang and Patel, 2005; Prietula and Simon, 1989). يفتقد المستجدون شبكات المعرفة المعقدة هذه، وعليه، عندما يواجهون معلومات جديدة يحتاجون إلى إنتاج عدد من الافتراضات أكبر من حالة الخبراء (Kushniruk, 2001)، وهم غير قادرين على ترشيح المعلومات التي لا صلة لها

(Patel, Arocha and Kaufman, 1994; Patel and Groen, 1991)، ويستغرقون من ثَمّ زمناً أطول في اتخاذ قراراتهم.

وبهدف تحسين مهارات تجميع المعلومات أو أساليب اتخاذ القرار الضعيفة هذه، (Johnson and Carpenter, 1986; Mangione et al., 1995) يخضع الأطباء المتخرجون وخصوصاً المقيمون لتدريب عملي أثناء فترة إقامتهم، حيث يتعلّمون كيف يُقيّمون المرضى ويُشخّصونهم تحت إشراف أطباء خبراء. وقد أظهرت الأبحاث أنّ الأطباء المقيمين يعانون من نواقص في مهارات الفحص الفيزيائي، ومع ذلك فإنّهم يهتمون اهتماماً كبيراً بالفحص الفيزيائي ويرغبون بتركيز اهتمام أكبر على هذه المهارات عند تدريبهم (Mangione et al., 1995). عبر الاعتراف الذاتي بضعف المهارات التي يُنظر إليها على أنّها أساسية عند اتخاذ قرارات مهمة، يعوّض المبتدئون من طريق تركيز اهتمامهم على الدليل العلمي، وذلك في مُقابل الخبراء الذين يعتمدون على خبرتهم السريريّة (Patel, Groenand Patel, 1997; Patel et al., 1994). لقد جرى تأكيد هذه الملاحظة في تجربة جماعيّة لنظام CDSS محمول لوصف المضادات الحيوية في العناية الحرجة (Sintchenko, Iredell, Gilbert and Coiera, 2005). يقدّم النظام أربعة أنواع من وظائف الدعم: تقارير المرضى، وتعليمات المضادات الحيوية المحليّة، ومعطيات التحسّس للمضاد الحيوي ومِحسب للتقدير السريري. لوحظ أثناء التجربة أنّ الأطباء الأقدم استعملوا معطيات التحسس للمضاد الحيوي بتكرار أعلى من بقية وظائف الدعم، في حين كانت هذه الأقل استعمالاً من قبل الأطباء المستجدين. مال الطبيب الشاب إلى استعمال الوظائف الأخرى، حيث كانت تعليمات المضادات الحيوية المحليّة الأكثر استعمالاً.

لقد أظهرت الدراسات التجريبيّة أنّ الممارسين السريريين الذين يمتلكون مستويات مختلفة من الخبرة يُ من دون فروقات في قدرتهم على استنباط معلومات الفحوصات الفيزيائية (Pines, UscherPines, Hall, Hunter, Srinivasan and Ghaemmaghami, 2005)، (Yen, Karpas, Pinkerton and Gorelick, 2005) عند مقارنة فحوصات البطن

التي أجريت للأطفال في قسم الطوارئ (ED) من قِبَل الأطباء المقيمين والمشرفين، تبين وجود اتفاق أقل من المتوسّط في جميع أجزاء الفحص (Yen et al., 2005). ولقد وُجدت نتائج مُشابهة عند دراسة فحوصات البطن لمرضى بالغين من قِبَل أطباء مقيمين ومشرفين (Pines et al., 2005). ولقد أكّدت دراسات إضافية حول الأطباء المقيمين ضعفَهم في إجراء الفحوصات الفيزيائية مانجيون، بورديك وبيتزمان (Mangione, Burdick and Peitzman, 1995). يتطلب إجراء فحوصات فيزيائية بدقة، إلى جانب مهام سريريّة أخرى، معرفةً ضمنيّة يُعبّر عنها "بالأفعال وليس بأفكار واعية" (Goldman, 1990). ومع أنّ أيّاً من هذه الدراسات لم يتضمن استعمال أنظمة CDSS نوعية للمرضى، ولكن مقتضياتها تنص على وجود فروقات متميزة بين قدرات الممارسين السريريين المبتدئين وأصحاب الخبرة منهم، وأنّ هذه الفروقات يمكن أنّ تؤثر في قدرة الممارسين المبتدئين على تقديم مُدخلات دقيقة لأنظمة اتخاذ القرار CDSS التي يصنعها الخبراء. يمكن أن يفتقر الممارسون السريريون قليلو التجربة إلى الفطنة السريريّة الضروريّة لتقديم استنباطات دقيقة ويمكن أن تجعلهم يُدخلون مُدخلات خاطئة، ويمكن لهذا الوضع ليس أنّ يُقلّل من فائدة أنظمة CDSS فقط ومن وثوقيّة النصيحة التي تعطيها، ولكنه أيضاً يمكن أن يقود إلى رفض النظام من قبل مجموعة واسعة من الممارسين السريريين.

تعتمد الدراسة المقدّمة هنا على تجربة سريرية لنظام CDSS مطبقاً على أولويات المعالجة الإسعافية المتحركة (Mobile Emergency Triage) (MET-AP) والذي جرى تطويره لدعم قرارات تحديد أولويات معالجة المرضى الأطفال في حالة آلام البطن في قسم الطوارئ (ED). وفي حين كانت التجربة مصمّمة أساساً لتقييم أداء أنظمة CDSS تبعاً لدقّة القرارات التي تقترحها فإنّ تركيزنا ينصبّ على متغيرات دَخْل نموذج اتخاذ القرار في نظام CDSS وعلى القرارات الناتجة التي يتخذها الممارسون السريريون (Farin, Michalwski, Slowinski, Wilk and Rubin, 2004). يعتمد نموذج اتخاذ القرار المُتضمّن في MET على 13 متغيّر دَخْل. سنبيّن كيف استعملت فئات مختلفة (الأطباء

الأصيلون (خبراء) والأطباء المقيمون (مبتدئون)) النظامَ، واتخذت قرارات سريرية على أساس متغيّرات الدَخل المطلوبة من نظام CDSS. وسوف نقيّم أيضاً الاختلافات بين هاتين المجموعتين، ونستخلص استنتاجات أكثر عموميّة لدعم اتخاذ القرار السريري على أساس تقانة المعلومات. يُخاطب بحثنا الدعوة لتحقيق فهم أعمق لمسألة اتخاذ صانعي قرارات فعليين لقرارات سيّئة التنظيم في إطار طبيعي بمساعدة التقانة (Kushniruk, 2001).

البحث المقدّم هنا منظّم حول افتراضين بحثيَّين. يبني الافتراض الأوّل على النتائج المذكورة سابقاً حول الاختلاف في قدرات الاستنباط لدى الممارسين السريريين وهو:

H_1: لن يستنبط الأطباء المقيمون جميع قيم متغيرات اتخاذ القرار اللازمة لنموذج نظام CDSS، مبني على أساس معرفة خبيرة، بدقة.

إذاً نرى أنّه بسبب امتلاك المقيمين خبرةً سريريّةً ومعرفة ضمنيّة محدودتين، فإنّهم لن يكونوا قادرين على الاستنباط الدقيق لجميع قيم متغيرات اتخاذ القرار اللازمة لنموذج نظام CDSS مُشتقّ من معرفة خبيرة.

الهدف الإجمالي من البحث الموصوف في هذه المقالة هو تحدّي فكرة أنّه يمكن لنظام CDSS وحيد أن يكون قادراً على تقديم الدعم المناسب لممارسين سريريين لهم تجارب وخبرات متنوعة. ولتحقيق هذا الهدف نحتاج إلى تقييم شامل لكل من استنباط متغيرات الدّخْل ومدى كون هذه المتغيرات تُنبئ بعملية اتخاذ القرار الفعلية من قِبل ممارسين متنوّعي الخبرات. إذاً في الوقت الذي يكون فيه تقييم دقة استنباط متغيرات دَخْل نظام CDSS أساسياً، نحن نهتم أيضاً في ما إذا كان الممارسون المبتدئون يستعملون في قراراتهم السريرية متغيرات دَخل مختلفة عن تلك التي يستعملها الأطباء المتقدمون. وتحديداً، نحن مهتمون بما إذا كان الأطباء المقيمون يعتمدون، في نماذج اتخاذهم

للقرارات، على متغيرات دَخل سهلة الاستنباط الصحيح نسبياً، وليست مقترنة بالخبرة السريرية، أم أنهم يُقحمون متغيرات يكون استنباطها أكثر صعوبةً، وتتطلّب تقليدياً الخبرة.

إذاً افتراضُنا البحثي الثاني هو:

H_2: سيستعمل المقيمون والأطباء متغيرات دخل في نموذج اتخاذ القرار مختلفة عند اتخاذ قراراتهم السريرية.

وبسبب الخبرة السريرية المطلوبة لتكون مُدخلات بعض النماذج مستنبطة استنباطاً صحيحاً، نتوقّع أنّ المقيمين والأطباء سوف يستعملون متغيرات دَخْل مختلفة في نماذج اتخاذهم للقرارات. وعلاوةً على ذلك، نتوقّع تخفيف أثر هذه الاختلافات بواسطة "نوع متغير الدَخْل"، على أن تكون المتغيرات التي تتطلب معرفة ضمنيّة وخبرة سريرية أقل أهمية في حالة نماذج اتخاذ القرارات الخاصّة بالمقيمين. سيكون هذا متناسقاً أكثر مع عملية اتخاذ القرار التقليدية، حيث يقال إنّ متخذي القرار سيستعملون أفضل المعلومات المتوافرة، وفي حال وجود ارتياب، سيعمل متخذو القرار على نحو يُقلّل من الارتياب إن أمكن (Simon, 1957).

نظام دعم القرار السريري MET-AP

جرى تصميم نظام MET-AP CDSS وتطويره لدعم الممارسين في قسم الطوارئ عند اتخاذهم القرارات بشأن أولويات تقديم العلاج في حالة أطفال مصابين بآلام بطنيّة ميكالوفسكي، سلوفنسكي، ويلك، فاريون، بايك وروبن (Michalowski, Slowinski, Wilk, Farion, Pike and Rubin, 2005). إنّه يسهّل عملية الإدارة المبكرة للمرضى من قِبَل الممارسين السريريين في قسم الطوارئ الذين يحتاجون لاتخاذ قرارات بشأن الإدارة السريرية للمرضى على أساس تقييمهم وتاريخهم السريري في البدء. بهذا المعنى ليس MET-AP نظام CDSS تشخيصي، لأنّه لا يزوّد الممارسين بتشخيص تفاضلي بل بفئات إدارة عريضة (أي إمّا إخلاء سبيل من قسم الطوارئ، أو احتفاظ لمراقبة إضافيّة، أو طلب رأي مختصّ). تتكون بنية نظام MET-AP من مُخدّم متّصل مع نظام سجلات المرضى

الإلكتروني في المشفى باستعمال بروتوكول HL7 (Quinn, 1999)، ومن زبائن موجودين على تجهيزات محمولة مثل المساعد الرقمي الشخصي (PDA) (Personal Digital Assistant). يُساعد الزبون في جمع المعطيات السريريّة (متغيرات دَخْل CDSS) عند نقطة المعاينة والتي تُستعمل أثناء فحص الطبيب للمريض.

يوفر النظام واجهة تخاطب مكوّنة من سلسلة من الشاشات لجمع 11 متغيراً من متغيرات دخْل CDSS الثلاثة عشر التي يتطلبها نموذج تحديد أولويات العلاج لآلام البطن عند الأطفال. وهذه تشتمل على الاكتشافات الفيزيائية بالإضافة إلى تاريخ المريض. أمّا المتغيران المتبقيان فهما جنس المريض وعمره، وهما يُستخلصان آلياً من السجل الإلكتروني للمريض. يفصّل الجدول (1) جميع المتغيرات، ولقد جرى تحديدها باستعمال تحليل رجعي للمخططات. جرى إنشاء نموذج اتخاذ قرار التصنيف باستعمال تقنيات اكتشاف المعرفة على أساس نظرية المجموعات الخشنة (Pawlak,1991; Slowinski,1995) وجرى إنجازه كنموذج على أساس قواعد.

بناءً على قيم مُتغيرات الدخل يُولّد نظام التصنيف MET-AP قرارات التصنيف المقترحة التي يمكن أن تكون واحدةً من المخرجات الثلاث التالية:

- تخريج المريض: يمكن تخريج المريض إلى المنزل لأنّ سبب ألمه ليس مشكلة خطيرة.

- مراقبة وتحرّي: المريض يحتاج إلى تقييم إضافي في المشفى (إما في قسم الطوارئ أو في غرفة منفصلة في المشفى) وذلك لتحديد سبب الألم.

- استشارة: المريض يحتاج إلى استشارة جرّاح، بسبب الارتياب بالتهاب الزائدة الدودية (وهي أكثر الطوارئ الجراحيّة شيوعاً في حالة آلام البطن عند الأطفال).

يجري جمع جميع قيم متغيرات الدخل الرقمية (كريات الدم البيضاء WBC، درجة الحرارة، مدّة الألم) من قِبَل الأطباء الذين يُدخلون القيم الرقمية مباشرةً باستعمال لوحة

مفاتيح افتراضية أو نظام تعرّف الكتابة اليدوية. يجري بعدئذ تقطيع هذه القيم لاستعمالها في نماذج اتخاذ القرار على أساس القواعد وذلك تبعاً للمعايير التي طوّرها الأطباء ذوو الخبرة. أمّا قيم متغيرات الدخْل التي تخص موضعاً معيناً في البطن (موضع الألم الأعظمي، موضع الطراوة العظمى) فيجري جمعها من قِبَل الأطباء الذين ينقرون على صورة للبطن على تجهيزاتهم المحمولة. ويجري جمع قيم الدَخل الأخرى باستعمال واجهة تخاطب قياسية في حالة التجهيزات المحمولة. مثلاً يبين الشكل (1) شاشة MET-AP في حالة "نوع الألم الأعظمي". جرى تصميم جميع الشاشات وتطويرها بمشاركة العديد من الأطباء. وهذا ما ضمن أن تكون واجهة التخاطب الناتجة مشابهة إلى أقرب حدّ لإجراءات الممارسين السريريين الطبيعية عند تجميع المعطيات.

الجدول (1). خواص تصنيف الألم البطني

اسم الخاصة والوصف	القيم الممكنة
العمر	0-5، أكبر من 5 سنوات
انكماش موضعي: تقلص موضعي للعضلات يلاحظ عند جس البطن	غائب، موجود
مدة الألم	أقل من 24 ساعة، 1–7 أيام، أكثر من أسبوع
انزياح الألم	غائب، موجود
موقع الألم الأعظمي	الربع الأيمن السفلي، أسفل البطن، غيرها
نوع الألم الأعظمي	مستمر، غير ذلك
الزيارت السابقة لقسم الطوارئ لآلام البطن في الثماني والأربعين الساعة الماضية (بقطع النظر عن مكان الألم)	نعم، لا
طراوة الارتداد: شعور الألم عند موقع الطراوة العظمى، بسبب تغيير الضغط داخل البطن	غائب، موجود
الجنس	ذكر، أنثى
درجة الحرارة	أقل من 37، 37-39، أعلى من 39

موقع الطراوة العظمى	الربع الأيمن السفلي، أسفل البطن، غيرها
إقياء	نعم، لا
كريات الدم البيضاء WBC	أقل من 4000، 4000–12000، أكثر من 12000

الطرائق

كان هذا البحث حول اتخاذ القرار من قِبَل الأطباء الأصيلين والمقيمين جزءاً من تجربة سريريّة أكبر صُممت لتقييم دقّة قرارات MET-AP بالمقارنة مع توقعات التصنيف التي يجريها الممارسون السريريّون. يمكن العثور على نتائج هذه التجربة السريريّة في فاريون، ميكالوفسكي، روبن، كوريل، غابوري (Farion, Michalowski, Rubin, Wilk, Corell and Gaboury ,2008).

العينة وجمع المعطيات

لقد جرى إشراك عينة في المتناوَل مكونة من 574 طفلاً مصاباً بآلام في البطن، أعمارهم بين سنة واحدة وست عشرة سنة، بموافقة الأهل في الفترة من 2 تموز/ يوليو 2003 إلى 29 شباط/ فبراير 2004، في قسم الطوارئ في مشفى شرق أونتاريو للأطفال، أونتاريو، كندا.

الشكل(1). شاشة MET-AP في حالة نوع الألم.



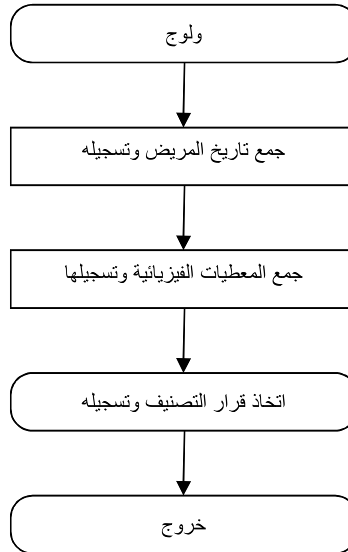
في بعض الحالات لا تكون العينة التي في المتناوَل عينةً مُمثِّلَة للمجتمع المدروس (في حالتنا: مجتمع الأطفال المصابين بألم في البطن). ومع وجود تنوّع من العوامل التي أثّرت في إدراج المرضى، بما يشمل درجة انشغال قسم الطوارئ ومستوى راحة الأطباء المشرفين مع التقانة، إلّا أنّ طول فترة الدراسة (8 أشهر)، وعدد الممارسين السريرين المنخرطين (150)، وعدد المرضى الذين عولجوا (574)، كل هذا يجعل من المعقول اعتبار عيّنة المرضى عيّنة مُمثِّلة للمجتمع المدروس.

يبين الشكل (2) سيناريوهاً نموذجياً لاستعمال MET-AP من قِبَل ممارسٍ سريري مُشارك في الدراسة. بعد الولوج إلى نظام MET-AP، يُدرج الطبيب المقيمُ أو الطبيب الأصيل الحاضرُ المريضَ ويجمع تاريخه الطبي ويسجله. ثُمّ يجمع الممارس السريري الحاضرُ نموذجياً المعطيات الفيزيائية من المريض بواسطة فحص فيزيائي، وتفاعلٍ شفهي مع المريض ويُدخِل متغيرات الدخْل ذات الصلة في نظام MET-PA بواسطة واجهة التخاطب. ولقد أعطيت التعليمات إلى الممارسين السريريين المُشاركين أن يسجلوا تلك المعطيات التي يشعرون أنّها ذات صلة بحالة المريض فقط. بعد التفكير في الحالة

المدروسة، يُدخل الممارس السريري الحاضر تقديره حول الفئة المناسبة (تخريج المريض، أو احتفاظ تحت المراقبة، أو استشارة مختص) التي من المعقول أن ينتمي إليها المريض، دون الاطلاع على مقترح نظام CDSS. وعندما يكون ذلك ممكناً، يُطلب من ممارس سريري مستوى خبرته مختلف عن مستوى الطبيب الحاضر أن يُجري تقديراً آخر مستقلاً عن السابق للحالة نفسها وبفاصل زمني لا يزيد عن ساعة واحدة باستعمال نظام MET-AP الموصوف أعلاه.

أدرج أربعون طبيباً أصيلاً ومئة وعشرة أطباء مقيمين المرضى. إنّ هذا النوع من التقييم المستقبلي لنظام CDSS نادرٌ، فلقد طُلب من جميع الأطباء أن يستعملوا MET-AP وليس أولئك القلّة المرتبطون بفريق التطوير فقط. وكان للأطباء درجات متنوعة من الخبرة مع الحواسيب المحمولة قبل دخولهم في التجربة، وجميعهم شاركوا بجلسات تدريب معمّقة أصبحوا بعدها قادرين على استعمال نظام CDSS. ولقد جرى رؤية 222 مريضاً من قبل طبيبين، طبيب أصيل وآخر مقيم.

الشكل (2). سيناريو استعمال MET-AP



التحليل

يبدأ التحليل بمعالجة الفرضيّة **H_1** لتبيان إذا ما كان المقيمون دقيقين في استنباط متغيرات الدخْل التي يطلبها نظام MET-AP. وبعدها نعالج الفرضيّة **H_2** لمقارنة أيٍّ متغيرات دخل MET-AP تتنبّأ بقرار تصنيف المرضى في نماذج اتخاذ القرار لدى الأطباء المقيمين ولدى الأطباء الأصيلين. في هذه الدراسة، تمثّل مُدخلات الأطباء الأصيلين الأكثر خبرةً الأمثلةَ القدوة التي تجري مُقارنة قيم الأطباء المقيمين بها. تُستعمل هذه المُقاربة استعمالاً واسعاً في الأدبيات بهدف تقييم أداء الممارسين السريريين الأقل خبرة، ويمكن أن تأخذ صيغة مقارنة المبتدئين بالخبراء الذين يؤدّون المهمة نفسها نودين، كوندل، ميلو–توماس، ونشتاين، أورال، سوليفان، كونانت، هوسفالد، جونسون، سكلار (Nodine, Kundel, Mello-Thomas, Weinstein, Orel, Sullivan and Conant, 1999; Sklar, Hauswald and Johnson, 1991)، أو تأخذ صيغة تقييم الممارسين السريريين الخبراء للممارسين المبتدئين (Burdick et al., 1996; Steinbach, 2002; Wary and Friedland, 1983). ونستعمل، بصفته مقياساً لمدى صحّة الاستنباط، مستوى من التوافق بعيدٍ من الصدفة بين قيم متغيرات دَخْل CDSS التي يقدّمها كلّ من الأطباء الأصيلين والمقيمين. ويُقاس هذا إحصائياً باستعمال إحصاء Kappa لكوهين (Cohen, 1960) الذي جرى حسابه لكل متغير من متغيرات الدَخْل عبر فئتي الممارسين السريريين الذين عاينوا المريض نفسه.

يتطلب التعاطي مع الافتراض الثاني استعمال الانحدار اللوجستي (Logistic Regression) لتعيين أيّ من متغيرات دَخْل CDSS معنوية في التنبؤ بقرار التصنيف المتّخَذ من الممارس السريري. في هذا التحليل، متغيرات دَخْل نظام CDSS متغيرات مستقلة، وقرار التصنيف المُتّخذ من قبل الأطباء الممارسين أو المقيمين هو المتغير التابع. ويجب أن يكون واضحاً أنّ القرار الفعلي المتّخذ من الممارس هو المتغير التابع ولا القرار المُقترح من نظام CDSS. جرى اختيار الانحدار اللوجستي بسبب كون المتغير التابع صريحاً وقاطعاً. بإجراء هذا التحليل دمجنا القيم الثلاث الأصلية التي يمكن أن يأخذها المتغير التابع (قرار التصنيف المتخذ من الممارس السريري) في قيمتين مختلفتين.

جرى هذا من طريق الجمع بين فئتي "المراقبة والمتابعة" و"تخريج المريض" في فئة واحدة. وبقيت فئة "استشارة المختص" فئة منفصلة. لقد أدّى هذا إلى عزل معنى متغيرات الدخل المقترنة بقيمة "استشارة المختص" من المتغير التابع. يؤدي هذا الوضع دور وسيط في حالة قرار تصنيف حرج نموذجي لتشخيص التهاب الزائدة الدوديّة الحاد.

أُجري تحليل الانحدار على نحو منفصل للمعطيات المشتقة من مرضى جرت مُعاينتهم من الأطباء المقيمين، ومن مرضى جرت معاينتهم من قبل الأطباء الأصيلين بحيث نتمكن من تحرّي نماذج اتخاذ القرار ومقارنتها بين أنواع الممارسين السريريين. تقترح استراتيجيات بناء النماذج النموذجية القيام بتحليلٍ وحيدِ المتغير شاملٍ لكلّ واحد من المتغيرات المستقلّة المحتملة بهدف تحديد أيُّها تجب إضافته إلى النموذج. (Hosmer and Lemeshow, 2000). ولكن يقترح الباحثون في علم الوبائيّات تضمين جميع المتغيرات السريرية أو الحدسيّة ذات الصلة في النموذج الأوّلي بقطع النظر عن مدى أهميتها. ولأنّ متغيرات الدخل الواردة في MET-AP كانت مشتقة من دراسة رجعيّة الأثر وموثّقة من قبل أطباء قسم الطوارئ فقد جرى شملها جميعاً في التحليل. وقبل تنفيذ الانحدار، درسنا جداول الاحتمال لكل المتغيرات المستقلة مقابل المتغيرات التابعة ليتأكّد لنا عدم وجود خلايا تحوي قيمة الصفر. ولقد جرى تحقيق المتطلّب الأساسي للانحدار اللوجستي بنجاح في حالة معطيات كلّ من الأطباء الأصيلين والأطباء المقيمين.

مفعول التصميم

لأنّ هذه الدراسة تضمنت تجربةً مستقبلية في قسم الطوارئ، كان من غير الواقعي الحصول على عيّنات عشوائية من المرضى والأطباء المقيمين والأطباء الأصيلين. في مثل هذه الأوضاع يمكن أن تعاني عملية تجميع العينة من انحياز. وبهدف تحديد ما إذا كانت العينة منحازة جرى حساب مفاعيل التصميم (Design Effects) (DEFF). يفترض هذا القياس أنّ المُستجيبين في كل تجمع متشابهين في ما بينهم ونموذجياً يساهم كلٌّ منهم

بمعلومات جديدة أقل من مساهمة مستجيب عشوائي. يُحسب DEFF بصفته نسبة التباين بتأثير طريقة أخذ العينة المستعمل إلى التباين المحسوب باستعمال أسلوب أخذ العينة العشوائي البسيط (Skinner, Holt and Smith, 1989):

$$\text{DEFF} = 1 + \delta(n - 1)$$

حيث

- δ هو معامل الارتباط بين التجمعات المختلفة للإحصاء موضوع الدراسة.
- n هو الحجم المتوسط للتجمع.

العينة المستعملة في دراستنا ليست مستقلة بسبب وجود عدّة أطباء أصيلين وعدة أطباء مقيمين، عاين كلٌّ منهم أكثر من مريض واحد. جرى تكوين تجمّع من طريق تجميع المرضى الذين عاينهم طبيب أصيل بعينه، والمرضى الذين عاينهم طبيب مقيم بعينه. ولمّا كانت المعلومات حول أداء كل طبيب بمفرده غير مسموحة من قبل مجلس أخلاقيات البحث، لا يتوافر الربط بين الطبيب الأصيل/ المقيم والمريض، ومن ثَمّ يستحيل علينا حساب δ ومن ثَمّ DEFF. ولرفع القلق حول مسألة التجميع، حسبنا مفاعيل التصميم الحرجة "critical DEFF" المعرّف بأنه قيمة DEFF التي تضبط الإحصاء المدروس ليصبح غير معنوي عند قيمة 0.05. لقد استعملت هذه المُقاربة بنجاح في أبحاث سابقة (Thomas and Cyr ,2002). وقد جرى حساب قيمة DEFF الحرجة بالعلاقة:

$$\text{Critical DEFF} = \frac{W}{c^2}$$

حيث W هو إحصاء (Wald) المحسوب في حالة متغير دَخْل CDSS موضوع الدراسة، و c^2 هي القيمة الحرجة لإحصاء كاي تربيع ذي $n-1$ درجة حرية $\chi^2(n-1)$. في الوقت الذي يمكن لقيم DEFF أن تتغير تبعاً لتصميم الدراسة والمتغير المدروس، يقترح البحث أنّ دراسة جيّدة التصميم تعطي للمقدار DEFF قيماً تتراوح بين 1 و3 (Shackman, 2001). في الوقت الذي يستحيل علينا تقدير DEFF بدقة في هذه الدراسة،

ولكننا نتوقع أنّ قيمته ستكون منخفضة جداً. في حالة تجمّع الأطباء، لا نتوقع أن يكون اختيار عينة عشوائية من الأطباء الأصيلين من المجتمع الكامل سيعطي متغيرات الدخْل قيماً مختلفة اختلافاً كبيراً عن تلك التي استنبطت في هذه الدراسة. ولكننا نتوقع أن يكون هناك تباين أكبر في حالة المقيمين (بسبب قلّة الخبرة)، إنّ حجم التجمع في حالة مجتمع المقيمين في هذه الدراسة صغير (بسبب العدد الكبير للأطباء المقيمين المشاركين في هذه الدراسة) وهذا ما يمكن أن يساهم في خفض قيمة DEFF.

النتائج

H_1: دقّة قيم المُدخلات المجمّعة

يعرض الجدول (2) قياسات Kappa ومعلومات تفسيرها الموافقة (Posner, Sampson, Caplan, Ward and Cheney, 1990) حول الاتفاق بين الأطباء الأصيلين والمقيمين على متغيرات دخل CDSS. تجب ملاحظة أنّ جميع متغيرات الدخْل قد قُيِّمت باستعمال قيم منقطعة. ومع أنّ بعض متغيرات الدخل سُلميّة بطبيعتها (درجة الحرارة مثلاً) ولكن جرى اعتماد تقطيع ولّده فريق من الخبراء يعكس عتبات حرجة كما تُستعمل من قبل ممارسين سريريين في الممارسة اليومية. كما كان متوقعاً، كان لمتغيرات الدخل الموضوعية والسهلة القياس أو التقويم (إقياء، درجة حرارة) مستويات عالية من التوافق، ما يشير إلى أنّ الأطباء المقيمين قادرون على الاستنباط الدقيق لهذه المعلومات. ولكن، كان لجميع متغيرات الدخْل الأخرى مستويات اتفاق متوسطة أو مقبولة. باستثناء متغير "الزيارة السابقة"، كان استنباط هذه المتغيرات أكثر صعوبة وأقل موضوعية من متغيرات الدخْل المذكورة سابقاً. يُعرّف متغير "الزيارة السابقة" بأنّه "زيارة سابقة لقسم الطوارئ بسبب ألم بطني في الساعات الثماني والأربعين السابقة (بقطع النظر عن مكان الألم)". نعتقد أنّ انخفاض قيمة إحصاء Kappa في هذه الحالة عائد إلى حقيقة أنّ بعض المرضى/ الأهل قد فسّروا المعاينة الأولى التي أجراها طبيب أصيل أو مقيم بصفتها زيارة سابقة عندما سئلوا السؤال نفسه من قبل المراقب الثاني.

الجدول (2). قيم إحصاء Kappa: المقيمون مُقابل الأطباء الأصيلين.

الخاصّة	Kappa	درجة التوافق
انكماش موضعي	0.31	مقبول
طراوة الارتداد	0.45	متوسط
الزيارت السابقة	0.48	متوسط
نوع الألم	0.48	متوسط
مكان الألم	0.51	متوسط
انزياح الألم	0.52	متوسط
مكان الطراوة	0.57	متوسط
مدّة الألم	0.83	جيد جداً
الإقياء	0.89	جيد جداً
درجة الحرارة	0.95	جيد جداً

تشير قيم إحصاء Kappa إلى أنّ الأطباء المقيمين أقلّ دقّةً في استنباط قيم متغيرات الدخْل التي تتطلب خبرة وفطنة سريريّة، في مُقابل التطبيق المباشر "لمعارف الكتب". ومن بين متغيرات الدخل التي كان لها درجة توافق مقبولة إلى متوسطة، المتغيرات التي كان لها أخفض قيمة لقيم Kappa (الانكماش الموضعي وطراوة الارتداد) هي أكثر اعتماداً على الخبرة في إجراء الفحص الفيزيائي من بقيّة الخواص (نوع الألم ومكان الألم وانزياح الألم ومكان الطراوة) وهي تُعتبر نموذجياً الأكثر صعوبة في الاستنباط الدقيق.

يمكن أيضاً أن يُعاق استنباط متغيرات دخْل الفحص الفيزيائي هذه بسبب حساسيّة الطفل لأن يُلمس من الطبيب، أو خوفه، وغير ذلك من العوامل التي يمكن أن تسبب تقلص العضلات وتقود إلى تفسير خاطئ. إنّ فحص طراوة الارتداد مؤلم للمرضى عند وجوده، لذلك لا يُنصَح بتكرار الفحص لتأكيد هذا الاكتشاف. وعليه، فإنّ الخبرة في إجراء الفحوصات تزيد الوثوقية في استنباط قيم متغيرات دخْل الفحص الفيزيائي. قد لا يمتلك الأطباء المقيمون الخبرة اللازمة لتمييز الاختلافات الضئيلة بين مريض مصاب بانكماش موضعي فعلياً وآخر غير مرتاح للفحص الفيزيائي بشكل مجرّد مانجيون (Mangione et al., 1995). وفي الوقت نفسه من المهم الاعتراف أنه اعتماداً على المعرفة السريريّة، فإنّ اجتماع وجود انكماش موضعي وطراوة ارتداد هو مؤشر قوي يستدعي استشارة جرّاح بسبب احتمال التهاب الزائدة الدوديّة. في حالة متغيرات دَخْل MET-AP، فإنّ تلك المتغيرات الأصعب استنباطاً على الأطباء المقيمين هي نفسها التي تزوِّد بالرؤية المُثلى عن حالة المريض. الخلاصة، إنّ تلك الخواص التي تتطلّب فحصاً فيزيائياً، ومن ثَمّ فطنةً سريريّة وخبرة، بهدف استنباط قيمها بصورة دقيقة لتكون مدخلات نظام CDSS، كانت تُجرى على نحو سيّئ من قبل الأطباء المقيمين.

تعتمد بقية متغيرات الدخْل التي كانت درجة التوافق فيها متوسطة (نوع الألم، وموقع الألم، وانزياح الألم وموقع الطراوة) على قدرة الطبيب على أن يلمس ويسأل بهدف استنباط قيم دقيقة من المريض. تتأثّر القدرة على استنباط إجابة دقيقة عبر التفاعل الديناميكي بين الممارس السريري والمريض بمستوى الخبرة، حيث يمتلك الأطباء الأقل خبرة مهارات أضعف في تجميع المعلومات (Johnson and Carpenter,1986; Mangione et al.,1995).

تدعم هذه النتائج الفرضية H_1، وتُضيف أدلة إضافية إلى الأدبيات حول قلة خبرة المقيمين وعدم امتلاكهم الخبرة الكافية لاستنباط معلومات موثوقة تعتمد على الفحص الفيزيائي. أردنا في الخطوة التالية من بحثنا تحديد الفروقات بين متغيرات دَخْل MET-AP

التي يستعملها الأطباء المقيمون وتلك التي يستعملها الأطباء الأصيلون في اتخاذ قرارات التصنيف. وبسبب الخبرة السريريّة المطلوبة لاستنباط بعض متغيرات الدخْل استنباطاً دقيقاً، نتوقع أنّ الأطباء المقيمين والأطباء الأصيلين سيستعملون متغيرات دخْل مختلفة في نماذج اتخاذ القرار في أذهانهم.

H_2: متغيرات اتخاذ القرار الحرجة

يعرض الجدولان (3 و4) نتائج الأطباء المقيمين والأطباء الأصيلين بالترتيب. أمّا قيم إحصاء (R^2) لناجلكرك (Nagelkerk) فهي 0.568 و0.699 لنموذجَي الأطباء المقيمين والأطباء الأصيلين، وهذا ما يشير إلى أنّ متغيرات دخْل نظام CDSS تُلائم ملاءمةً أكبر النموذجَ الذهني للأطباء الأصيلين مما تلائم نموذج الأطباء المقيمين.

مفاعيل التصميم معكوسة في قيم DEFF الحرجة المبينة في الجدولين (3 و4) مباشرةً إلى يمين قيم-p. فمثلاً، في حالة متغير الدخل "انكماش موضعي" عند تحليل الأطباء المقيمين، اعتبرت 3.508 قيمة DEFF حرجةً صغرى مطلوبة لوصف "انكماش موضعي" بصفة غير مهم. وعلى أساس قيم DEFF الحرجة عند تحليل الأطباء، نتوقع أن يصبح أحد "المتغيرات المهمة" غير مهم لو سُحبت العينة عشوائياً. وتحديداً، الإقياء (مع قيمة DEFF حرجة قدرها 1.217) سيصبح على الأكثر غير مهم. قيم DEFF الحرجة لمتغيرات الدخل المعنوية في حالة نموذج الأطباء المقيمين هي جميعاً مرتفعة بقدر كافٍ لتوقّع أنها ستبقى معنويةً لو جرى استعمال سحب عشوائي بسيط للعينة. وبسبب الصعوبات المقترنة بحساب قيم DEFF والحاجة إلى اللجوء إلى استعمال قيم DEFF الحرجة بدلاً منها، يجب تفسير النتائج المقدمة هنا بحذر. وفي الوقت الذي يمكن فيه النظر إلى هذا كقصور إلّا أنه يجب ملاحظة أن المعطيات المستقبلية حول استعمال CDSS في إطار واقعي نادرة، ويجب بذل جهود لاستعمال هذه المعطيات بأسلوب أكاديمي مسؤول.

إنّ متغيرَي الانكماش الموضعي وطراوة الارتداد معنويان جداً في النموذج الذهني لاتخاذ القرار لدى الأطباء المقيمين، وهذا ليس مُفاجئاً بالنظر إلى أهمية متغيرات الدخل هذه في تحديد الإصابة بإلتهاب الزائدة الدودية الحاد. وعند النظر إلى إحصاء Kappa للمتغيرين نفسهما نجد أنفسنا في وضع يعتمد فيه المقيمون على متغيرات دخْل يصعب عليهم استنباط قيمها تقييماً صحيحاً عند اتخاذ القرار باستشارة طبيب جراح.

الجدول (3). الانحدار اللوجستي في حالة الأطباء المقيمين ($n = 294$ مريضاً)

المتغيّر	β	الانحراف المعياري	إحصاء Wald	قيمة-p	DEFF الحرج
العمر	0.498	0.994	0.251	0.617	0.065
الجنس	-0.939	0.528	3.159	0.076	0.823
فترة الألم			0.325	0.850	0.085
فترة الألم (1)	-0.288	0.509	0.319	0.572	0.083
فترة الألم (2)	-5.306	63.417	0.007	0.933	0.002
مكان الألم			0.153	0.926	0.040
مكان الألم (1)	0.177	0.906	0.038	0.845	0.010
مكان الألم (2)	0.440	1.124	0.153	0.696	0.040
نوع الألم	0.692	0.511	1.833	0.176	0.477
الإقياء	0.035	0.487	0.005	0.944	0.001
الزيارة السابقة	-6.895	29.973	0.053	0.818	0.014
درجة الحرارة			1.327	0.515	0.346
درجة الحرارة (1)	0.040	0.489	0.007	0.935	0.002
درجة الحرارة (2)	-1.911	1.695	1.271	0.260	0.331
مكان الطراوة			9.971	0.007**	2.597
مكان الطراوة (1)	2.741	0.944	8.427	0.004**	2.195

مكان الطراوة (2)	0.361	1.305	0.076	0.782	0.020
الانكماش الموضعي	1.863	0.508	13.469	0.000***	3.508
طراوة الارتداد	1.503	0.526	8.164	0.004**	2.126
انزياح الألم	0.766	0.514	2.222	0.136	0.579
ثابت	-5.142	1.130	20.686	0.000	5.387
ناجلكرك R^2	0.568				

* $p < 0.05$، ** $p < 0.01$، *** $p < 0.001$

هناك عدد من التفسيرات الممكنة المتباعدة لهذه النتيجة تبعاً لمدى وعي الأطباء المقيمين لقدرتهم أو (عدم قدرتهم) على استنباط قيم بعض متغيرات الدخل استنباطاً صحيحاً.

الجدول (4). الانحدار اللوجستي في حالة الأطباء الأصيليين

($n = 385$ مريضاً)

المتغيّر	β	الانحراف المعياري	إحصاء Wald	قيمة-p	DEFF الحرج
العمر	1.315	1.306	1.013	0.314	0.264
الجنس	-0.593	0.528	1.260	0.262	0.328
فترة الألم			0.614	0.736	0.160
فترة الألم (1)	0.377	0.514	0.537	0.464	0.140
فترة الألم (2)	-5.517	20.305	0.074	0.786	0.019
مكان الألم			6.862	0.032*	1.787
مكان الألم (1)	2.467	0.973	6.429	0.011*	1.674
مكان الألم (2)	2.376	1.381	2.960	0.085	0.771
نوع الألم	1.611	0.614	6.879	0.009**	1.791
الإقياء	1.299	0.601	4.674	0.031*	1.217
الزيارة السابقة	2.691	1.417	3.604	0.058	0.939

0.602	0.315	2.312			درجة الحرارة
0.350	0.246	1.343	0.534	0.619	درجة الحرارة (1)
0.347	0.248	1.333	2.097	2.421	درجة الحرارة (2)
0.832	0.203	3.194			مكان الطراوة
0.335	0.256	1.288	0.953	1.082	مكان الطراوة (1)
0.214	0.364	0.823	1.384	-1.256	مكان الطراوة (2)
1.995	0.006**	7.662	0.556	1.539	الانكماش الموضعي
4.168	0.000***	16.005	0.576	2.306	طراوة الارتداد
0.777	0.084	2.985	0.560	0.968	انزياح الألم
6.389	0.000	24.533	1.692	-8.380	ثابت
				0.699	ناجلكرك R^2

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

*** $p < 0.001$

يمكن أن يكون الأطباء المقيمون واعين لقصورهم في استنباط بعض متغيرات الدخل، ولكن تقابل هذا الوعي وتوازنه أو تلغيه تعليماتٌ سريريّة مقبولة تعتمد على المتغيرات المذكورة. ومع أنّ هذا يبدو مُعاكساً لما يمكن أن نتوقعه حدسياً، فإنّه ليس متناقضاً تماماً مع الأبحاث السابقة، حيث ظهر الأطباء المقيمون قاصرين عن أداء الفحوصات الفيزيائية، وكانوا مع ذلك يعترفون في آنٍ واحدٍ بقصورهم وبأهمية قدرتهم على إجراء الفحوصات الفيزيائية بأسلوب صحيح وموثوق (Mangione et al., 1995). تُشير نتائجنا إلى أنّ الأهمية التي يُكنّها الأطباء المقيمون لمُتغيّرَي الانكماش الموضعي وطراوة الارتداد تفوق مدى إدراكهم لدرجة صعوبة استنباط قيم متغيرات الدخْل ودرجة الوثوقية

بهذه المعلومات التي يُجمّعونها، وعليه فهم يستعملون قيم هذه المتغيرات عند اتخاذهم قرار تصنيف يتطلب استشارة جراح.

البديل الآخر هو أن يشعر الأطباء المقيمون خطأً بالثقة في قدرتهم على استنباط جميع متغيرات الدخل التي يتطلبها نموذج اتخاذ القرار في CDSS. في هذه الحالة نتوقع أن يُطبق المُقيمون قيمَ المتغيرات كما تعلموها في تدريبهم ودراستهم على نشاطات اتخاذ القرار. أظهرت الدراسات السابقة أنّ الأطباء المقيمين لا يستطيعون تقدير أدائهم وأنّهم يميلون إلى تقديره بأعلى من مستواه الفعلي باركر، ألفورد، باسمور (Parker, Alford and Passmore, 2004). ولقد أُثبتَ أنّه في الوقت الذي يميل فيه الأطباء عموماً (مقيمين أو أصيلين) إلى إعطاء تقديرات أكثر علوّاً لدقة تشخيصاتهم السريرية، إلّا أنّ الأطباء المقيمين يكرّرون ذلك بنسبة أعلى من الأطباء الأصليين فريدمان، غاتي، فرانز، ميلر، إلشتاين (Friedman, Gatti, Franz, Miller and Elstein, 2005). نحتاج إلى المزيد من البحث لتحرّي تقديرات الدقّة في متغيرات دَخْل نظام CDSS والقرارات السريرية الناتجة.

عموماً، يمتلك الأطباء الأصيلون متغيرات معنوية تتنبّأ باتخاذهم قرار التصنيف أكثر من الأطباء المقيمين. وتحديداً، فإنّ مكان الألم ونوع الألم والانكماش الموضعي وطراوة الارتداد هي متنبّئات معنوية لهؤلاء الأطباء. وبالمقابل نجد أنّ المُتنبّئات المعنوية في حالة نموذج المقيمين هي مكان الطراوة والانكماش الموضعي وطراوة الارتداد. إذاً، يدعم هذا الفرضيةَ H_2. وهذه النتائج متفقة مع الأدبيات حول الخبراء الاستراتيجيين، التي تنص على أنّ الخبراء يملكون بنى معقّدة تساعد في تعرّف الأحداث والإشارات المحيطة وتفسيرها (Lyles and Schwenk, 1992) وأنّ هذه البنى تكون أكثر تعقيداً وتحوي المزيد من الروابط بين عناصرها عند مقارنتها بالبنى الإدراكيّة للاستراتيجيين الأقل خبرة.
(Day and Lord, 1992; Lurigio and Carrol, 1985; McKeithen, Reitman, Rueter and Hirtle, 1981).

القصورات والنتائج والمقتضيات على تصميم CDSS

هناك عدد من نقاط القصور المقترنة بهذه الدراسة تستحق أن تُذْكَر. أولاً، جرى استعمال عينة في المُتناول من المرضى، وهذا يحدُّ من عموميّة النتائج إذْ لا يوجد ما يضمن أنّ المرضى المُدرجين في الدراسة يؤلّفون عيّنة مُمثِّلة لكامل المجتمع موضوع الدراسة (الأطفال المصابون بألم بطني). هناك قصور آخر متمثل بالتأخّر الزمني بين المعاينات التي أُجريت من قبل الممارسين السريريين الذين يملكون خبرات مختلفة للطفل المريض نفسه (أقل من ساعة). من الممكن في بعض الحالات أن تتغير حالة المريض بين المعاينتين، ولا يوجد ما يشير إلى حدوث هذا الأمر أثناء عملية جمع المعطيات. وكما ذكرنا سابقاً، لم تكن العينة المستعملة في دراستنا مستقلة بسبب وجود العديد من الأطباء الأصيلين والأطباء المقيمين، وكل منهم عاين أكثر من مريض واحد. و من دون معرفة أي طبيب أصيل وأي مقيم عاين أي مريض، أصبحنا غير قادرين على تطبيق تقانات إحصائية أكثر تقدماً، مثل النمذجة الخطية الهرمية، لتحديد نماذج اتخاذ القرار لكل فئة من الممارسين السريريين. ولكننا حاولنا تخفيف أثر هذه المسألة من طريق حساب قيم مفاعيل التصميم DEFF الحرجة، وتطبيق هذه القيم لتمحيص نماذج الانحدار اللوجستي النهائية. وهناك قصور أخيرٌ مرتبط بإدراج المرضى من قبل الممارسين السريريين الحاضرين، فأولئك الممارسون الذين كانوا أقل ارتياحاً عند استعمال تقانة MET-AP كانوا أقل حماساً لإدراج المرضى في التجربة.

تعتمد نوعية أي نظام CDSS نوعي للمرضى على نوعية نماذج اتخاذ القرار التي تقف وراءه، ولا بدَّ أن تعكس هذه النماذج الخبرةَ السريرية المرتبطة بصانعي القرار الخبراء (الأطباء الأصيلون في حالتنا). وعادةً، تتطلب النماذج المرتبطة بهذه الخبرات مدخلات يصعب تقييمها وتفسيرها من قبل المبتدئين. عموماً، لقد اقترح عدد من الباحثين أن يجري تخصيص تقانة CDSS تِبعاً لدرجة خبرة المستعملين (Kushniruk, 2001; Patel, Arocha, Diermeier, How and MotturPilson, 2001)، ولكنّ هذا البحث، على قدر

معرفتنا، هو واحد من أوائل الأبحاث التي تقدّم أدلةً تجريبية مجمّعة عبر تقييم مستقبلي لنظام CDSS على أنّ مثل هذه المُقاربة ضروريّة. في تصاميم أنظمة CDSS النموذجية، يُعامل الأطباء الأصيلون والمقيمون بصفتهم المجموعة نفسها من المستعملين، وبذلك سوف يتفاعلون مع واجهة التخاطب نفسها ومع نماذج اتخاذ القرار ذاتها القائمة وراءها.

لقد وجدنا عند تقييمنا لنظام CDSS لتصنيف مرضى قسم الطوارئ الذين يعانون من آلام في البطن أنّ الأطباء الأصيلين والمقيمين يستنبطون عدداً من متغيرات دخْل نظام CDSS على نحو مختلف عند معاينتهم للمريض نفسه. وتحديداً، في حالة متغيرات الدخل المتعلّقة بفحص فيزيائي، مقترن نموذجياً باستنباط شفهي، كانت قيم Kappa المحسوبة منخفضة جداً، وهذا ما يشير إلى أنّ القيم المسجّلة من قِبَل الأطباء المقيمين كانت مختلفة جداً عن تلك المسجّلة من قِبَل الأطباء الأصيلين. ونظراً إلى استعمالنا قيم الأطباء الأصلين بصفتها قيماً مرجعية (بما يتفق مع أدبيات مقارنة الخبير والمبتدئ)، فإننا نفسر هذا التباين بصفته مؤشراً على الصعوبات التي يُعاني منها الأطباء المقيمون في استنباط القيم الصحيحة لمتغيرات الدخْل هذه. عندما جرى تفحّص نماذج صنع القرار الذهنية منفردةً، وُجدَ أنّ الأطباء الأصيلين والمقيمين متماثلون، وذلك مع وجود متغير معنوي إضافي لدى نموذج الأطباء الأصيلين. ولقد جرى التأكيد على أهمية متغيرات الدخل التي تتطلب فحصاً فيزيائياً بسبب وجودها في النماذج الذهنية لكل من الأطباء الأصيلين والمقيمين، وذلك مع أنّ المقيمين لم يكونوا قادرين على استنباط هذه المعلومات استنباطاً صحيحاً. بهدف أخذ الاختلاف في الخبرة السريريّة في الحسبان والتوثّق من وجود الدعم المناسب لهاتين المجموعتين المختلفتين من المستعملين، اقترحنا أنّه يجب على مُصمّمي CDSS **(أ)** أن يُفاضلوا بين قيم المعلومات التي تقدمها المعطيات التي تأتي من تقييمات الخبراء وتقييمات المبتدئين، و **(ب)** أن يطبّقوا نظام مراقبة منطقي للخواص، يُنبّه المستعملين عندما تكون قيمة إحدى الخواص أو قيم تركيبية منها خارج المجالات أو الأنماط المتوقعة.

لتصميم وتنفيذ أنظمة مُساعدة تتلقى قيم المعلومات من المُدخلات، يجب تصنيف متغيرات الدخل المستعملة في نماذج CDSS. يمكن تصنيف متغيرات الدخل منطقياً على أساس مدى صعوبة استنباطها ومدى اعتمادها على المعرفة الإعلانية الضمنية أو الصريحة. وبعدئذ، يمكن أن يُشار إلى كل متغير دَخْل بصفته "ضعيف الثقة" أو "عالي الثقة". ومع أنّ هذا تصنيف واسع، ولكنه يعكس قدرة مجموعات مختلفة من الأطباء على الاستنباط الدقيق لمختلف قيم متغيرات الدَخْل. ومع أنّ تصنيف المتغيرات متضمن في النظام، إلّا أنه يبقى شفافاً نسبياً للمستعمل (أي لن نجد شيئاً يسمّي متغيراً بأنه "ضعيف الثقة" تسمية صريحة). استناداً إلى التصنيف المقترح، سيواجه طبيب مبتدئ نموذجي صعوبة في استنباط قيم متغيرات الدخل المصنفة "ضعيفة الثقة". لذلك، يجب أن توفر واجهة التخاطب للخواص المصنفة "ضعيف الثقة" شروحات موسعة وتعليمات للمساعدة في عملية جمع المعلومات.

لقد أُحرز بعض التقدم في تزويد شروحات وتعليمات لاستنباط دَخل CDSS. إنّ نظام (AI/RHEUM) (Kingsland, Lindberg and Sharp, 1983) هو نظامٌ خبير لتشخيص الأمراض الروماتزمية وجرى إنشاؤه لتوفير المعرفة المُستنبَطة من خبراء الروماتيزم إلى أطباء غير مُدرّبين في الروماتيزم. ولدعم الأطباء في تقديم معلومات دَخْل دقيقة، ضمّ نظام AI/RHEUM مستودعاً واسعاً يحوي 180 تعريفاً لبنود من قائمة الاكتشافات (Porter, Kingsland, Lindberg, Shah, Benge, Hazelwood, Kay, Homma, Akizuki, Takano and Sharp, 1988) وفي نسخة حديثة من النظام جرى توسيع هذه المعلومات بإضافة عروض متعددة الوسائط تشمل مقاطع فيديو وصوراً ووظيفة بحث عن المقالات المرجعية مباشرة على (Medline) (Athreya, Cheh and Kingsland, 1998).

ويجب اتخاذ احتياطات في حالة تسجيل معلومات غير دقيقة أو مشكوك فيها (مثل اختيار عدّة قيم بدلاً من قيمة واحدة، أو إدخال عامل "ثقة" مقترن بقيمة، أو امتلاك

خيار منقطع في حالة "ارتياب"). ويجب الأخذ بالاعتبار عوامل إضافية مرتبطة بعملية استنباط قيم في حالة متغيرات الدخل المصنفة "ضعيفة الثقة" بالاعتبار من طريق توسيع مجموعة القيم السريريّة بمعلومات إضافية مثل "سُجّل بصعوبة" أو "طفل يبكي ويتململ". سيسمح هذا بحساب مُعامل ثقة ديناميكي. وعلاوة على ذلك، للمساعدة في "التعلّم بالمماثلة"، يمكن في أي وقت وعند رغبة المستعملين، استرجاع حالات مرضى مُشابهة على أساس قيم متغيرات الدخْل أو على أساس نموذج سريري أكثر اكتمالاً. تتوافق هذه المقاربة مع أدبيات نقل المعرفة التي تنص على أنّ المعرفة الضمنية لا يمكن بالضرورة أن تُجعل صريحة ولكن يمكن نقلها عبر التعرّض المتكرر لأوضاع وحالات متشابهة (Nickols, 2000). لا تحتاج متغيرات الدخل "العالية الثقة" مثل هذه المساعدة الإضافية ويمكن استنباطها بالطريقة المعتادة. وأخيراً، باتباع المبادئ المقبولة حول التصميم التفاعلي، يجب أن تُشغَّل وظيفة دعم الدخْل في حالة الخواص الضعيفة الثقة التي جرت مُناقشتها أعلاه آلياً في حالة الممارسين السريريّين الأقل خبرة، في حين يستطيع الممارسون الأكثر خبرة أن يتجاوزا هذا الدعم الإضافي إذا أرادوا (Shneiderman, 1998).

في صنع القرار السريري، غالباً ما تُكوّن قيم الخواص المختارة نمطاً معيناً يشير إلى وضع صحي وراءه. فمثلاً، كما ذُكِرَ سابقاً، في حالة الألم البطني لدى الأطفال، الألم والطراوة المتوضّعين في الربع السفلي الأيمن مع وجود انكماش موضعي هي أعراض تشير إلى احتمال التهاب حاد للزائدة الدودية. من الممكن استعمال معلومات حول مثل هذه الأنماط لتطوير مراقبة حسّاسة للسياق تُراقب قيم كل من متغيرات الدخل على حِدَتِه وتراقب تراكيب هذه المتغيرات. فإذا انحرفت القيم التي يُدخلها طبيب مُمارس انحرافاً كبيراً عن عتبات الضبط الديناميكية، سواء عند تقييمها إفرادياً أو ضمن أنماط سريريّة، كان على نظام CDSS أن يُصدر له تحذيراً خاصاً يُنبهه إلى هذا الأمر. في الوقت الذي سيقدم هذا دعماً إضافياً للطبيب المبتدئ، فإنّه يساعد أيضاً في تقليص احتمال الخطأ بين المستعمل والتقانة التي جرى حديثاً اعتبارها مصدراً مهماً للخطأ السريري (Kohn,

(Corrigan and Donaldson, 2000. يجب توليد عتبات متغيرات الدخْل ديناميكياً على أساس تجريد صورة لحالة المريض وإجراء مقارنة استكشافية مع مجموعة من الصور المطوّرة على أساس حالات سابقة. يمكن لقاعدة الحالات أن توفّر خزّان نواة المعرفة التي يجري منها اشتقاق قيم العتبات التي يُحصَل عليها بأسلوب مماثل لأسلوب المُحاكمة على أساس الحالة في الذكاء الصناعي. يمكن أيضاً اعتماد خوارزميات التعلّم الآلي وتقنيات الاستنتاج لاشتقاق قيم العتبات، والقواعد، والأنماط التي يمكن مُقارنة صور حالات المرضى الجدد بها. وعليه تفترض هذه المُقاربات وجود قاعدة معطيات واسعة من الحالات للتيقن من انعكاس التباينات الواقعيّة في تقدير قيم العتبات.

تتضمن العديد من نماذج اتخاذ القرار المطبّقة في أنظمة CDSS معرفةً معتمدةً على تقييم خواص تتطلب خبرة وفطنة سريريّة. تشير نتائج البحث المبين هنا أنّ الأطباء المقيمين لم يتمكنوا تمكّناً تامّاً من هذه المعرفة، وهم من ثَمّ يواجهون صعوبات في تزويد نظام CDSS بقيم الدخْل المطلوبة. ينشأ عن هذا ارتياب في نوعية التوصيات التي يقدمها نظام CDSS. من الواضح وجود حاجة لدعم قرار مُخصّص، يأخذ في الاعتبار مستوى خبرة الأطباء السريريين، وخلفية طبيب بعينه، بهدف التوثّق من جعل دقّة نظام CDSS عظمى. إنّ نظام الدعم الموسّع هذا مهم لتقبّل نظام CDSS من الأطباء بقدر أهمية نوعية نموذج اتخاذ القرار القائم وراءه وواجهة التخاطب.

شكر

لقد جرى تمويل هذا البحث بواسطة مِنَح من (NSERC-CIHR) و (Physicians Services Incorporated). يرغب المؤلفون بتقديم الشكر لـ (Roland Thomas) للمساعدة في التحليل الإحصائي المذكور في هذا المقال.

المراجع

Anderson, J. G. (1997). Clearing the way for physicians' use of clinical information systems. *Communications of the ACM*, 40(8), 83-90.

Arocha, J. F., Wang, D. and Patel, V. (2005). Identifying reasoning strategies in medical decision making: A methodological guide. *Journal of Biomedical Informatics*, 38(2), 154-171.

Athreya B. H., Cheh, M. L., Kingsland, L. C. (1998). Computer-assisted Diagnosis of Pediatric Rheumatic Diseases. *Pediatrics*, 102 (4), e48.

Burdick, W. P., Ben-David, M. F., Swisher, L., Becher, J., Magee, D., McNamara, R., Zwanger, M. (1996). Reliability of performance-based clinical skill assessment of emergency medicine residents. *Academic Emergency Medicine*, 3(12), 1119-23.

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46.

Day, D. V. and Lord, A. G. (1992). Expertise and problem categorization: The role of expert processing in organizational sense-making. *Journal of Management Studies*, 29(1), 35-47.

de Dombal, F. T., Leaper, D. J., Staniland, J. R., McCann, A. P. and Horrocks, J. C. (1972). Computeraided diagnosis of acute abdominal pain. *British Medical Journal*, 2(5804), 9-13.

Farion, K. J., Michalowski, W., Rubin, S., Wilk, S., Correll, R. and Gaboury, I. (2008). Prospective evaluation of the MET-AP system providing triage plans for acute pediatric abdominal pain. *International Journal of Medical Informatics*, 77(3), 208-218.

Farion, K. J., Michalowski, W., Slowinski, R., Wilk, S. and Rubin, S. (2004). Rough set methodology in clinical practice: Controlled hospital trial of the MET system. In S. Tsumoto, R. Slowinski, J. Komorowski and J. Grzymala-

Busse (Eds.), *Rough sets and current trends in computing*. Heidelberg: Springer Verlag, 805-814.

Friedman, C. P., Gatti ,G. G., Franz, T.M., Murphy, G. C., Wolf, F. M., Heckerling, P. S., Fine, P. L., Miller, T. M., Elstein, A. S. (2005). Do physicians know when their diagnoses are correct? Implications for decision support and error reduction. *Journal of General Internal Medicine*, 20(4), 334-339.

Goldman, G. M. (1990). The tacit dimension of clinical judgment. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 63, 47-61.

Hanson 3rd, C. W. and Marshall, B. E. (2001). Artificial intelligence applications in the intensive care unit. *Critical Care Medicine*, 29(2), 427-35.

Haynes R. B. (2002). What kind of evidence is it that Evidence-Based Medicine advocates want health care providers and consumers to pay attention to? *BMC Health Services Research*, 6(2), 1-7.

Hosmer, D. W., and Lemeshow, S. (2000). *Applied logistic regression* (2nd ed.). New York, NY: Wiley Interscience.

Hunt, D. L., Haynes, R. B., Hanna, S. E. and Smith, K. (1998). Effects of computer-based clinical decision support systems on physician performance and patient outcomes: A systematic review. *The Journal of the American Medical Association*, 280(15), 1339-1346.

Johnson, J. E. and Carpenter, J. L. (1986). Medical house staff performance in physical examination. *Archives of Internal Medicine*, 146(5), 937-941.

Kingsland, L. C., Lindberg, D. A. B., Sharp, G. C. (1983). AI/ RHEUM. A Consultant System for Rheumatology. *Journal of Medical Systems*, 7 (3), 221–227.

Kohn, L. T., Corrigan, J. M. and Donaldson, M. S. (2000). *To err is human: building a safer health system*. Institute of Medicine. National Academy Press: Washington, DC.

Kushniruk, A. W. (2001). Analysis of complex decision-making processes in health care: Cognitive approaches to health informatics. *Journal of Biomedical Informatics*, 34(5), 365-376.

Lurigio, A. J. and Carrol, J. S. (1985). Probation officers' schemata of offenders: Content, development and impact of treatment decisions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48(5),1112-1126.

Lyles, M. A. and Schwenk, C. R. (1992). Top management, strategy and organizational knowledge structures. *Journal of Management Studies*, 29(2), 155-174.

Mangione, M., Burdick, W. P. and Peitzman, S. J. (1995). Physical diagnosis skills of physicians in training: a focused assessment. *Academic Emergency Medicine*, 2, 622-629.

McKeithen, K. B., Reitman, J. S., Rueter, H. H., and Hirtle, S. C. (1981). Knowledge organization and skill differences in computer programmers. *Cognitive Psychology*, 13(3), 307-325.

Michalowski, W. R. Slowinski, Sz. Wilk, K. Farion, J. Pike and S. Rubin (2005). Design and Development of a Mobile System for Supporting Emergency Triage. *Methods of Information in Medicine,* 44(1) 14-24.

Musen, M. A., Shahar, Y. and Shortliffe, E. H. (2001). Clinical decision support systems. In E. H. Shortliffe, L. E. Perreault, G. Wiederhold, and L. M. Fagan (Eds.), *Medical informatics. Computer applications in health care and biomedicine* (2ed.). New York, NY: Springer, 573-609.

Nickols, F. W. (2000). The knowledge in knowledge management. In J. W. Cortada and J. A. Woods (Eds.), *The knowledge management yearbook 2000-2001*. Boston, MA: Butterworth-Heinemann, 12-21.

Nodine C. F., Kundel H. L., Mello-Thoms C., Weinstein S. P., Orel S. G., Sullivan, D. C. and Conant E. F. (1999). How experience and training influence mammography expertise. *Academic Radiology*, 6(10),575-85.

Parker, R. W., Alford C. and Passmore C. (2004). Can family medicine residents predict their performance on the in-training examination? *Family Medicine*, 36(10), 705-709.

Patel, V., Arocha, J. F., Diermeier, M., How, V. and Mottur-Pilson, C. (2001). Cognitive psychological studies of representation and use of clinical practice guidelines. *International Journal of Medical Informatics,* 63(3), 147-167.

Patel, V. L., Arocha, J. F. and Kaufman, D. R. (1994). Diagnostic reasoning and medical expertise. *Psychology of Learning Motivation*, 31, 187-252.

Patel, V. L., Groen, G. J. and Patel, Y. C. (1997). Cognitive aspects of clinical performance during patient workup: The role of medical expertise. *Advances in health sciences Education*, 2(2), 95-114.

Patel, V. L. and Groen, G. J. (1991). The general and specific nature of medical expertise. In: *Ericsson, A. and Smith, J. editors. Toward a general theory of expertise: prospects and limits*. Cambridge Univ. Press, 93-125.

Pawlak, Z. (1991). *Rough sets: Theoretical aspects of reasoning about data*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.

Pines, J., Uscher Pines, L. Hall, A., Hunter, J., Srinivasan, R., and Ghaemmaghami, C. (2005). The interrater variation of ED abdominal examination findings in patients with acute abdominal pain. *American Journal of Emergency Medicine*. 23, 483-487.

Porter, J. F., Kingsland, L. C., Lindberg D. A. B., Shah, I., Benge, J. M., Hazelwood, S. E., Kay, D. R., Homma, M., Akizuki, M., Takano, M., Sharp, G. C. (1988). The AI/ RHEUM Knowledge-based Computer Consultant System in Rheumatology. Performance in the Diagnosis of 59 Connective Tissue Disease Patients from Japan. *Arthritis and Rheumatism*, 31 (2), 219–226.

Posner, K. L., Sampson, P. D., Caplan, R. A., Ward, R. J. and Cheney, F. W. (1990). Measuring interrater reliability among multiple raters: an example of methods for nominal data. *Stat. Med.* 9, 1103-1115.

Prietula, M. J. and Simon, H. (1989). The experts in your midst. *Harvard Business Review*, 67(1), 120-124.

Quinn, J. (1999). An HL7 (health level seven) overview. *Journal of American Health Information Management Association*, 70(7), 32-34.

Sackett, D. L., Rosenberg, W. M., Gray, J. A., Haynes, R. B. and Richardson, W. S. (1996). Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *British Medical Journal*, 312, 71-72.

Séroussi, B., Bouaud, J., and Antoine, É. C. (2001). OncoDoc: A successful experiment of computer supported guideline development and implementation in the treatment of breast cancer. *Artificial Intelligence in Medicine*, 22(1), 43-64.

Shackman, G. (2001). Sample size and design effect. *presented at Albany Chapter of American Statistical Association*.

Shneiderman, B. (1998). *Designing the user interface* (3rd ed.), Addison Wesley.

Shortliffe, E. H. (1993). The adolescence of AI in medicine: Will the field come of age in the 90's? *Artificial Intelligence in Medicine*, 5(2), 93-106.

Simon, H. (1957). *Administrative behavior* (2nd ed.), New York: Free Press.

Sintchenko, V., Iredell, J. R., Gilbert, G. L., Coiera, E. (2005). Handheld Computer-based Decision Support Reduces Patient Length of Stay and Antibiotic Prescribing in Critical Care. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 12 (4), 398–402.

Skinner, C. J., Holt, D., and Smith, T. M. F. (1989). *Analysis of complex surveys*. Chichester, NY:Wiley.

Sklar, D. P., Hauswald, M., Johnson, D. R. (1991). Medical problem solving and uncertainty in the emergency department. *Annals of Emergency Medicine*, 20(9), 987-91.

Slowinski, R. (1995). Rough sets approach to decision analysis. *AI Expert Magazine*, 10, 8-25.

Steinbach, W. J., Sectish, T. C., Benjamin, D. K. Jr, Chang, K. W., Messner, A. H. (2002). Pediatric residents' clinical diagnostic accuracy of otitis media. *Pediatrics*, 109(6), 993-998.

Thomas, D. R. and Cyr, A. (2002). Applying item response theory methods to complex survey data. *Proceedings of the Survey Methods Section, Statistical Society of Canada Annual Meeting*, Hamilton, ON, Canada

Wray, N. P. and Friedland, J.A. (1983). Detection and correction of house staff error in physical diagnosis. *Journal of the American Medical Association*, 249(8), 1035-1037.

Yen, K., Karpas, A., Pinkerton, J. J., and Gorelick, M. H. (2005). Interexaminer reliability in physical examination of pediatric patients with abdominal pain. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 159, 373-376.

ملاحظة ختامية

التعليمات لتفسير Kappa هي كما يلي:

التوافق	نوعية التوافق
0.20 >	ضعيف
0.40 >	مقبول
0.60 >	متوسط
0.80 >	جيد
حتى 1	جيد جداً

لقد نُشر هذا العمل سابقاً في:

International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics,

Volume 4, Issue 2, pp. 17-35.

الفصل التاسع

التنبيهات في تطبيقات الرعاية الصحية

تكامل المعطيات والإجراءات

ديكسون ك. و. تشيو
أنظمة ديكسون الحاسوبية، هونغ كونغ

بِني و.ج. كووك
الجامعة الصينية في هونغ كونغ، هونغ كونغ

راي ل. س. ونغ
الجامعة الصينية في هونغ كونغ، هونغ كونغ

مارينا كافيزا
مشفى هركاليون الجامعي، اليونان

س. س. شونغ
جامعة هونغ كونغ للعلوم والتقانة، هونغ كونغ

إيليانا كافيزا
جامعة أثينا للاقتصاد والأعمال، اليونان

باتريك س. ك. هونغ
جامعة معهد أونتاريو للتكنولوجيا، كندا

ملخص

يجب أن تُسلَّم الطلبات الطارئة والرسائل الحرجة في تطبيقات الرعاية الصحية وتُعالَج في الوقت الصحيح والمناسب، بدلاً من الأسلوب المتبع في معظم الأنظمة الحاليّة. لذلك، نوسّع نظام إدارة تنبيهات معقّد (AMS) لمعالجة تكامل الإجراءات والمعطيات في سلسلة

إدارة تدفّق العمل في الرعاية الصحية تحت قيود الطوارئ. تقترن هذه التنبيهات بمهام الرعاية الصحية لالتقاط الموسطات المتعلّقة بمتطلبات توجيهها ومعالجتها، وذلك بهدف مقارنتها مع اختصاصات العاملين بالرعاية الصحية أو وظائف مزودي الخدمة على الويب. المراقبة ضروريّة للتحقّق من توافر الخدمات في الزمن الصحيح، بالإضافة إلى تحديد هوية الاستثناءات. وسنشرح تنفيذنا لإطار العمل مع خدمات ويب للاتصالات بين مزودي خدمات الرعاية الصحية والتجهيزات المحمولة للمحترفين الطبيين، ثمَّ نبيّن إمكانية تطبيق مُقاربتنا بواسطة نموذج أوّلي لنظام طبي للزيارات المنزلية (Medical House-Call System) (MHCS) ونقيّم مقاربتنا مع محترفين طبيين وأصحاب مصالح متنوعين.

مقدمة

لقد أنشأت التطورات الحديثة في تقنيات الإنترنت منصةً شاملةً للمؤسسات والأفراد ليتصل كل منها بالآخر، ويُجري نشاطات تجاريّة، ويزوّد خدمات ذات قيمة مُضافة. تزوّد خدمات الويب Web Services (Chiu et al., 2003) واجهات تخاطب قياسية ضعيفة الاقتران بين أنظمة مستقلة ضمن المؤسسات وفي ما بينها وذلك على شكل مجموعة من الوظائف المعرّفة تعريفاً صحيحاً لأجل البرمجة وواجهات التخاطب مع الإنسان. تدعم خدمات الويب أيضاً مُكاملة المعلومات المقودة بالأحداث بهدف تزويد الخدمات في الوقت المُناسب والتفاعل معها تشيو (Chiu et al., 2003). في إدارة سلسلة تدفق العمل في الرعاية الصحية، يكون كلٌّ من تكامل الإجراءات وتكامل المعطيات حيويين. وإلى جانب المؤسسات، يكون كل من الممارسين المنفردين (مثل الأطباء أو الممرضين)، والمديرين، والمرضى مشاركين بعمق في تدفقات العمل. تولّد المهام مثل مراقبة المداواة، ودخول المرضى إلى المشافي عند الطوارئ، ونتائج الفحوصات المخبرية، وشحن الأدوية، وتبادل سجلات المرضى بين مزودي خدمات الرعاية الصحية، وغيرها، كمّاً هائلاً من الرسائل. هذا يعني أنّ كلّاً من تكامل الإجراءات وتكامل المعطيات ضروريَّان. وإضافة إلى ذلك،

فإنّ التوصيل الدقيق وفي الوقت المناسب لهذه المعلومات هو عامل نجاح مفتاحي لتوفير خدمات رعاية صحية نوعيّة. نسمّي هذه الرسائل الطارئة باسم تنبيهات alerts (Kafeza et al., 2004).

إنّ الممارسة القائمة التي تعتمد الهواتف الخلوية والبيجرات pagers في الاتصالات غير مناسبة لتحقيق تكامل خال من الثغرات مع أنظمة معلومات الرعاية الصحية الحالية والمستقبليّة. وعلى وجه الخصوص، يجب أن تستجيب تطبيقات الرعاية الصحية بفاعلية وفي الوقت المناسب لحاجات المرضى لأنّ هذا قد يشكّل مسألة حياة أو موت. ويجب أن تُعالَج معظم تنبيهات الرعاية الصحية ضمن زمن محدد. وإلى جانب كون الخدمة مُناسبة، قد تكون اعتبارات أُخرى خاصة بالتطبيق مثل التكلفة، وزمن الانتظار وزمن الخدمة مهمة أيضاً. تسيير التنبيهات ومراقبتها وإدخالها هي أيضاً وظائف إجباريّة لإزاحة عبء هذه الاتصالات من العمل اليدوي إلى نظام مؤتمت. وللاستفادة من البيئة المتصلة للإنترنت، نوسّع نظام إدارة تنبيهات (AMS) إلى محترفي الرعاية الصحية كافيزا (Kafeza et al., 2004) عبر الحدود المؤسّساتية لتصبح الآليّة المفتاحيّة لكل من سيرورة الرعاية الصحية ومكاملة المعطيات مع دعم الطوارئ. يهدف نظام AMS إلى جعل التأخيرات أصغرية من طريق توفير نظام مراقبة. يعمّم هذا المقال ويوسع عملنا السابق حول نمذجة تدفق العمل (Chiu and al., 1999) ومُكاملة السيرورة (Chiu and al., 2004) ليجري تطبيقها في تطبيقات الرعاية الصحية.

وبالمقارنة مع عملنا السابق (Kefeza et al., 2004) مُساهمات هذا المقال هي وصف وتحليل النقاط التالية: **(i)** نموذج مفهومي مُحسّن لتحديد التنبيهات على أساس متطلبات إدارة سلسلة تدفق العمل في الرعاية الصحية، والتي من شأنها أن تدعم واجهات التخاطب البرمجية عبر الحدود المؤسساتية بالإضافة إلى المستعملين البشر. **(ii)** التنبيهات بصفتها آليّة موحدة لالتقاط متطلبات سيرورة الرعاية الصحية وتكامل المعطيات. **(iii)** بنيان عملي لنظام AMS على أساس خدمات الويب الحديثة للتفاعلات

البرمجية، مع دعم متعدد المنصات للمستعملين البشر. **(iv)** نموذج أولي عملي لنظام طبي للزيارات المنزلية (Medical House-Call System) (MHCS) لإثبات إمكانية تطبيق مُقاربتنا في إدارة سلسلة تدفق العمل في الرعاية الصحية.

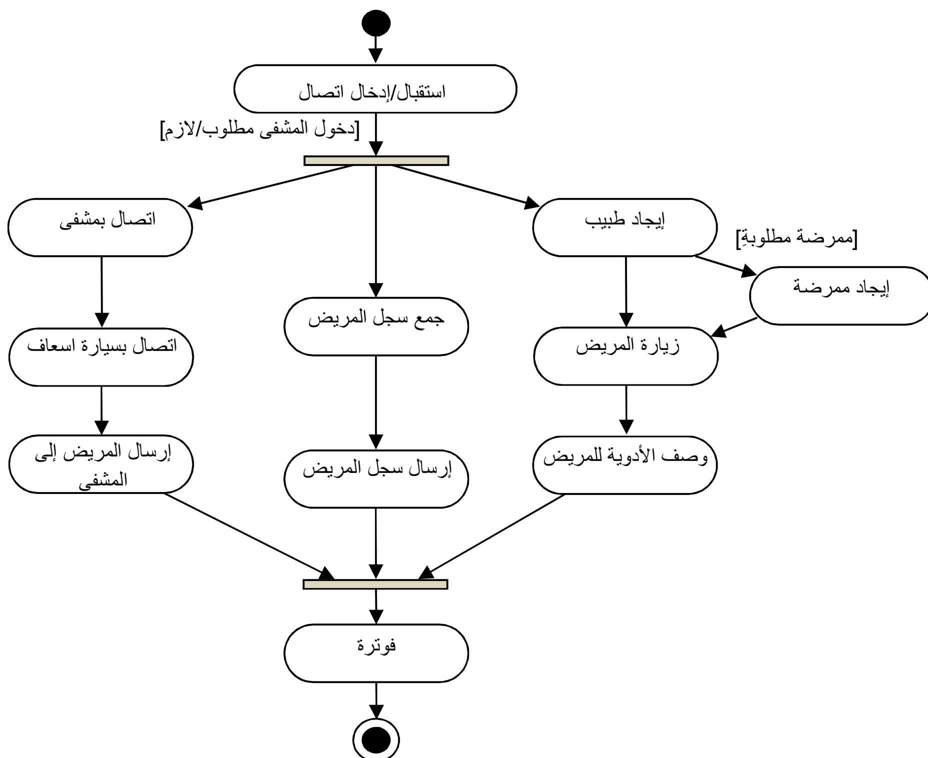
وحتى نتمكن من تحقيق هذه الأهداف، نناقش أولاً رؤية عامّة حول طرائقنا إضافةً إلى رؤية عامة حول MHCS ونقارن مع الأعمال المرتبطة. ثُمّ، نَصِفُ تصميم نظامنا وتنفيذه بالإضافة إلى كيفية خلق تكامل للمعطيات والسيرورات في نظامنا من طريق مرور نموذجي في النظام. وأخيراً، نُناقش ميزات مُقاربتنا التي تقودها التنبيهات قبل أن نختم مقالنا بشرح توجّهات عملنا المستقبلي.

نظرة عامّة على الخلفيّة والطرائق

في هونغ كونغ تزوّد بعض مؤسسات الرعاية الصحية خدمات الزيارة المنزلية"House-Call". يُلخّص الشكل 1 تدفق العمل الرئيسي لمركز طبي نموذجي للزيارات المنزليّة. إذ يمكن للمرضى المشتركين أن يتصلوا (إلكترونياً أو هاتفياً) ويطلبوا طبيباً ليزورهم في المنزل إمّا مباشرة أو في وقت محدد. يمكن أيضاً للمرضى أن يطلبوا الذهاب إلى مشفى. في هذه الحالة يجري الاتصال بالمشفى وبمركز الاتصال بسيارات الإسعاف لنقل المريض، إضافةً إلى أنه يمكن للمريض أن يطلب طبيباً بعينه أو يدع مركز الاتصال يجد أوّل طبيب متوافر يحمل الاختصاص المطلوب (إذا كان هذا مطلوباً) من بين قائمة من الأطباء خارج الخدمة، ثم من بين الأطباء الموجودين في الخدمة وأخيراً من قائمة من الأطباء من شركاء الرعاية الصحية، ويمكن أيضاً تخصيص ممرضة للمساعدة في استشارة الطبيب. وعندما يجري الاتصال بالأشخاص المطلوبين، يجري تأكيد ذلك للمريض. في الوقت نفسه، قد يكون من الضروري إرسال سجلات الرعاية الصحية للمريض من المشافي أو العيادات الأخرى إلى الجهاز المحمول للطبيب. وعند الانتهاء، يرفع الطبيب تقريراً عن الاستشارة الطبية مع أي وصفات طبية محتملة. تُسيّر الوصفات

الطبية إلى صيدليّة ليجري تسليم الأدوية (بواسطة خدمة السُعاة) إلى منزل المريض. وأخيراً يجري تحميل المريض أو شركة ضمانه تكاليف الاستشارة.

الشكل (1). مخطط نشاط رئيسي بلغة UML، لتدفق عمل مركز طبي للزيارات الطبية



ولكنّ ما سبق لا يصف إلاّ المتطلبات الوظيفيّة الأساسيّة والطبيعيّة. وعلى وجه الخصوص، ليست تقانات تدفق العمل القياسيّة مُناسبة لمُعالجة متطلبات الطوارئ والحالات الاستثنائية. إذ تنشأ درجات مختلفة من الحالات المُلحّة من أمراض المرضى بالإضافة إلى المتطلبات المتعلقة بنوعية الخدمات. نموذجياً تحدث الحالات الاستثنائية عندما لا يكون بالإمكان الوفاء بالتزامات الخدمات، مثلاً، عندما لا يكون باستطاعة

طبيب زيارة المريض في وقت محدد. لذلك، نقترح زيادة تدفق العمل بإضافة تنبيهات لنمذجة هذه المتطلبات وتطبيقها بواسطة نظام AMS.

على نحو مختلف من بيئة المشفى التي درسناها سابقاً (Kafeza et al., 2004)، لم يعد نظامُ AMS في هذا التطبيق بيئةً مغلقةً، فهو يتطلّب تغطيةً أوسع عبر حدود مؤسسات مختلفة، يصل المرضى، ومنازلهم، والممارسين الطبيين، والشركاء الطبيين، ومركز الاتصال. وعليه لا يُطلب تحقيق التواصل فقط بين مختلف الأفراد بل أيضاً من الضروري تحقيق التكامل البرمجي مع المؤسسات الشريكة. وعلاوة على ذلك، لمّا كانت العلاقات بين الأطراف المختلفة هي علاقات شراكة أكثر منها علاقات التزام موظفين، يزداد احتمال رفض طلبات التنبيه بسبب عدم توافر كامل برامج عمل الأفراد.

يُلخص الشكل (2) البنيان المفاهيمي للتنبيهات من عملنا السابق (Kafeza et al., 2004). إنّ جوهر التنبيهات هو التقاط المتطلبات الملحّة كما هو مطلوب من سلسلة تدفق عمل الرعاية الصحية لنظام MHCS، والتي تتضمن نموذجياً معطيات متزامنة (مثل تجميع سجل المريض) وتكامل الإجرائية (مثل زيارة الطبيب) بالإضافة إلى معالجة لا متزامنة لأحداث أو استثناءات (مثل تأخّر الطبيب أو تغيبه عن الزيارة بعد التزامه). وما هو جدير بالملاحظة هو أنّ الاستثناءات هي صف جزئي من الأحداث (Chiu et al., 1999;2001). الحدث هو أمرٌ مهم يصيب النظام أو تطبيق المستعمل. غالباً، ما يكون للاستثناءات انعكاسات مُلحّة. التنبيهات تختلف عن الأحداث العامّة، لأنّ لها خواص أكثر تحديداً، وعلى الخصوص، الإلحاح (مثلاً، درجة مرض المريض) ومتطلبات الخدمة (مثل اختصاص الطبيب المطلوب). والتنبيهات تختلف عن الاستثناءات فهي لا تحتاج لأن تكون مرتبطة بالسلوكيات غير الطبيعيّة. هذا يعني، أنّه يمكن **(i)** إطلاق التنبيهات على نحو غير متزامن لمعالجة حدث أو استثناء، **(ii)** أو توليدها على نحو متزامن لتحقيق متطلبات المعطيات أو الإجراءات. يمكن للتنبيهات التي يستقبلها مزوّد خدمة أن تُعالَج إمّا **(i)** برفض الخدمة، أو **(ii)** من قِبَل أنظمة المعلومات الداخليّة، أو **(iii)** من

مزوّد خدمة بشري عبر الويب أو الأجهزة المحمولة، أو **(iv)** أو من طريق الطلب من مزود خدمة آخر خارجي عبر خدمات الويب، حيث نحتاج في هذه الحالة إلى واجهات تخاطب برمجيّة.

بدافع من هذه المتطلبات الموسّعة، نبدأ دراستنا بتجميع الأهداف ومتطلبات محترفي المهن الطبية ومزود خدمة الزيارات الطبيّة. في أيّامنا هذه، أدّى التطوّر في الحقل الطبي إلى تخصّص فائق للأطباء، وإلى إدخال أنواع متقدمة جديدة من الفحوصات والسيرورات، وإلى طلب متزايد من المرضى لتحسين نوعية الرعاية الطبية. وفي الوقت نفسه، جرى نشر التطورات الحديثة في تقانة المعلومات لتحسين هذه البيئة الجديدة المعقدة للرعاية الصحية. أحد أهم الأهداف الجليّة هو الحاجة لتواصل دقيق وآمن ومستمر بين محترفي المهن الطبيّة من ذوي التخصّص العالي، ولمزوّدي خدمات الرعاية الصحيّة. ولقد كان هناك طلب عالٍ بين محترفي المهن الطبية على نظام إدارة للتنبيهات يكون قوياً، وفاعلاً، ومجدياً من حيث التكلفة، وبسيطاً وصديقاً للمستعمل لتحسين التواصل.

الشكل (2). دور التنبيهات في حالة سلسلة تدفقات العمل في الرعاية الصحية



على أساس هذه الأهداف، جرى استنباط متطلبات تفصيليّة وصياغتها في نموذج تنبيهات مفاهيمي. ثُم وضعنا رسماً تقريبياً شاملاً لبنيان نظام لأجل إدارة الزيارات المنزلية، مع تركيز على تصميم AMS. وبعدئذ وضعنا الآليات التفصيليّة لكلّ مركِّبَة من مُركِّبات النظام. وكان علينا في التصميم أيضاً أن نولي الاهتمام للمرونة بحيث يكون بالإمكان تكييف سياسات إدارة التنبيهات لمعالجة الأوضاع المتنوعة للشركاء المتنوعين. تبعاً لهذه التصاميم، أنشأنا نموذجاً أولياً لعرض الوظائف على محترفي المهن الطبية لتقييمه.

أمّا بالنسبة لنشر النظام، فنحن نخطط إلى تجزئته إلى مراحل. الطور الأوّل هو لإنجاز مركز اتصال محوسب لإدارة جميع التنبيهات للعاملين الطبيين، وذلك للاستعاضة عن النظام اليدوي الحالي. بعد التعوّد على الترتيبات الجديدة، وإجراء التوليف الدقيق لسياسات إدارة التنبيهات، تأتي المرحلة الثانية التي تنص على توسيع النظام ليتصل بالشركاء الطبيين. وفي المرحلة الثالثة، نخطط إلى وضع ذكاء إضافي في النظام، وخصوصاً، مع قدرات متقدمة على مُحاكمة منطقية (Chiu et al., 1999)، وتنظيم للمواعيد على أساس معلومات تعتمد المواقع المتحرّكة، ومفاوضات الخدمة، والمكاملة مع تسيير المرور.

الأعمال المتعلقة

أشار الباحثان تان وراغوباثي (Raghupathi and Tan, 2002) إلى الحاجة إلى تطبيقات رعاية صحية تدعم استراتيجيات على أساس تقانة المعلومات بهدف تلبية التحديات التنافسية، وقدّرا ما صُرف من تقانة المعلومات على الرعاية الصحية عام 2002 بنحو 21.6 بليون دولار في الولايات المتحدة. وبوجه خاص، ستستفيد تطبيقات الرعاية الصحية من التقدم التقاني في تقانات الاتصال والهواتف المحمولة (Olla and Tan, 2006). وكذلك ذكر آمنورث (Ammenwerth et al., 2006) أنّ واحدة من أهم الفوائد التي تُجنى من التقانات المحمولة هي مساعدة المشافي في إدارة التواصل وإمكانية الوصول بين المرضى

ومُرسلي الرسائل بالإضافة إلى معالجة المتطلبات الطارئة المُلحّة. ولقد حدد (Hripcsak et al., 1996) تحديداً أولياً الحاجة إلى مُراقبي الأحداث ووصفوا بعض المتطلبات مثل تتبع أحداث الرعاية الصحية بحثاً عن أوضاع مهمة سريرياً، وإرسال رسائل إلى المزوّدين. ثُمّ يُصنّف إينستادت (Eienstadt et al., 1998) الرسائل بصفتها تنبيهات ونتائج وإجابات. أمّا قصور مُقاربتهم فيكمن في كونهم يركّزون على التنبيهات التي تمكن معالجتها باستعمال البيجرات الثنائية الاتجاه فقط. يناقش الباحثون رايد وزملاؤه (Ride et al., 1994) أنّ مسألة معرفة إلى مَنْ يجب توجيه الرسالة هي مسألة صعبة. وهم يقترحون بعض الحلول المناسبة فقط مثل إرسال الرسالة إلى الجهة التي فحصت مؤخراً السجل الإلكتروني للمريض.

ومع أنّ قضايا تكامل المعلومات ليست جديدة لدى جماعات البحث في قواعد المعطيات (Sheth and Larson, 1990)، ولكن حدد شِنغ وشِن (Sheng and Chen, 1990) أنّ تطبيق تقانات تدفق العمل في مشافٍ مختلفة يمتلك العديد من النقاط الفريدة التي تتطلب اعتبارات تصميم خاصة للمُكاملة. ولقد ناقشت الجماعات المعلوماتية الصحية مثل الاتحاد الدولي للمعلوماتية الصحية (International Medical Informatics Association, http://imia.org) تطبيق تقانات تدفق العمل في تكامل المعطيات الإدارية لفترة من الزمن. فمثلاً يعرض مارش (Marsh, 1998) نظام معلومات طبية متعدد النماذج لعرض العالَم الطبّي الافتراضي. ويعرض تاكيدا (Takeda et al., 2000) بنيان نظام لدعم تشبيك سجلات المرضى الإلكترونية. ويقترح ليو (Liu et al., 2001) نظام معلومات على أساس الويب بهدف التشارك بالسجلات الإلكترونية للمرضى على أساس لغة التأشير الموسع (EXtended Markup Language) (XML). وكذلك، يقترح غريمسون (Grimson et al., 2001) نموذجاً أولياً لنظام عصبوني لدعم سجلات الرعاية الصحية الاتحادية التي توفر نظرة متكاملة على معطيات المريض القادمة من أنظمة معلوماتية موزعة غير متجانسة على الإنترنت. ويقترح العلي (Al-Ali et al., 2006) نموذجاً أولياً لنظام يوفر تكاملاً لاسلكياً وبالزمن الحقيقي لنظام معلومات المرضى مع الهواتف المحمولة. ولكن، لا

يمكن لأي من هذه المقاربات أن يوفر تكاملاً من دون انقطاع يُتيح استعمال تقانات تدفق العمل أو آليات التنبيه. وخصوصاً لم نتطرق في هذا المقال إلى مُكاملة النفاذ اليدوي إلى السجلات الورقية عبر إدارة تدفق العمل مع السجلات الإلكترونية.

ومؤخراً، تلقت مُقاربة عملية مُكاملة السيرورات والمعلومات على أساس خدمات الويب الكثير من الاهتمام. فمثلاً، يقترح ماكغريغور (McGregor, 2007) إطاراً لتصميم خدمة ويب على أساس أنظمة إدارة سريرية لدعم تنقلات المرضى ضمن المؤسسات وبينها. ويستكشف راغوباثي وَغاو (Raghupathi and Gao, 2007) مُقاربة باستعمال لغة UML لنمذجة خدمات ويب في الرعاية الصحية. ولقد اقترحنا أيضاً طريقة على أساس رؤى تدفق العمل وخدمات الويب لهذا الهدف (Chiu et al., 2003)، حيث يمكن أن نجد استعراضاً للأعمال الحديثة حول خدمات الويب.

وفي ما يتعلّق بمراقبة الرعاية الصحية في المنزل، فإنّ معظم الدراسات الموجودة تركز في تطبيقها على حالة الأمراض المزمنة والحرجة، بدلاً من منظور خدمة الرعاية الصحية العامة. فمثلاً يعرض ووِدند (Woodend et al., 2008) مدى فاعلية المراقبة المنزلية من بُعد في حالة مرضى القلب أصحاب الخطورة العالية، من طريق ائتمار فيديوي، ونقل على الخط الهاتفي لمعطيات الوزن وضغط الدم ومخططات القلب الكهربائية. ولقد بيّن أيضاً بينا وزملاؤه (Pinna et al., 2007) أنّ المراقبة المنزلية المُدارَة ذاتياً من بُعد، لكل من الإشارات الحيوية والتنفس هي أمور ممكنة في حالة مرضى فشل القلب مع توافق عال إلى حدّ المُفاجئة. ولقد طوّر لوغان (Logan et al., 2007) نموذج اختبار لنظام إدارة من بُعد لمراقبة ضغط الدم بواسطة تقانات البلوتوث والهواتف المحمولة، يربط النظام المرضى بشكل فاعل في سيرورة العناية عبر تنبيهات ضغط الدم. ولكن، المقاربة المنهجية لمعالجة هذه التنبيهات والإشارات لم تُدرس دراسةً مُناسبة.

درس سيومي وتاكابا (Suomi and Tähkäpää, 2003) متطلبات مركز اتصال للرعاية الصحية العامة مع دراسة حالة في توركو Turku، فنلندا وحدّدا مسألة تسيير الاتصال بصفتها وظيفة النظام الأساسيّ. ولقد قدّما أيضاً استعراضاً جيداً لمراكز الاتصال التي تُدار بتقانات أكثر قِدَماً. ثُمّ يتقدّمان أكثر في تفصيل تصميم النظام والنماذج الأولية، مع تركيز على المتطلبات المُلحّة لتسيير التنبيهات، باستعمال تكامل إضافي للتقانات المحمولة وشركاء الرعاية الصحية.

في سياق أنظمة إدارة تدفق العمل (Workflow Management Systems) (WFMS) ، يقترح تشن (Chun et al., 2002) التوليد المؤتمت لتدفقات العمل انطلاقاً من معرفة المجال. ولقد اقترحنا مؤخراً فصل تنبيهات المستعمل عن جلسات المستعمل لتحسين مرونة النظام (Chiu et al., 2002) في بيئة النمذجة الغرضية المتقدمة للتجارة الإلكترونية المحمولة (Mobile E-Commerce Advanced Object Modeling Environment) (ME-ADOME) الخاصّة بأنظمتنا لإدارة تدفق العمل WFMS. يجري تنبيه المستعملين على الخط بواسطة رسائل ICQ (أنا أبحث عنك) (Weverka, 2000) مع ملخص المهمة وعنوان الإجابة URL بصفتهما محتوى الرسالة. إذا لم يكن المستعمل على الخط، أو لم يُجب خلال فترة معينة، يرسل WFMS التنبيه بالبريد الإلكتروني. وفي الوقت نفسه، يمكن إرسال تنبيه آخر عبر خدمة الرسائل القصيرة SMS إلى الهاتف المحمول للمستعمل. ومهما كانت وسيلة التنبيه يمكن للمستعمل أن يتصل بنظام WFMS باستعمال أي تجهيزة أو منصة أخرى. فمثلاً، بعد استلام تنبيه عبر SMS يمكن للمستعمل أن يستعمل جهازه المحمول للاتصال بنظام WFMS عبر بروتوكول تطبيق لا سلكي (Wireless Application Protocol) (WAP) أو أن يجيب برسالة قصيرة. وبدلاً من ذلك، يمكن للمستعمل أن يعثر على حاسوب متصل بالإنترنت أو يستعمل مُساعده الرقمي الشخصي (PDA) للاتصال بنظام WFMS. وبصفته توسيعاً لنماذج السيرورات الموجودة مثل (ShengandChen, 1990)، فإن نموذج سيرورتنا يُجرّد المعلومات تبعاً لأدوارها ولمواعيد مُقدّمي الخدمة الذين يؤدون هذه الأدوار. لقد اتبعنا أسلوباً مُقوداً

بالمعطيات ومن الأسفل إلى الأعلى لتوسيع أنظمة المعلومات لتشمل خدمات الويب (Chiu et al., 2004) ثُمّ أدرجنا بعد ذلك التنبيهات وتسييرها (Kafeza et al., 2004).

إلى جانب تطبيقات الرعاية الصحية، فقد كنا أيضاً رائدين في تطبيق إدارة التنبيهات في مجال واسع من مجالات التطبيق الأخرى لمسألة تكامل المعطيات والسيرورات. فمثلاً، في تطبيقات التجارة الإلكترونية، استعمل لي وزملاؤه Lee et al.(2007) خدمات الوب والتنبيهات لتحسين أتمتة تدفق العمل في سيرورات توقيع سندات التأمين. ودرس نغ وتشيو (Ng and Chiu, 2006) إمكانية مُكاملة إجراءات الحكومة الإلكترونية مع خدمات الويب والتنبيهات عبر نظام استشاري لتسيير الطوارئ. وفي حالة التطبيقات الصناعية اقترح تشنغ (Chung et al., 2007) استعمال نظام إدارة للتنبيهات في مصانع خلط الإسمنت. ويدافع تشيو (Chiu et al., 2008) عن فكرة إدارة التنبيهات في حالة الدعم الدائم في تطبيقات التعليم من بُعد. استناداً إلى معرفتنا لا توجد أنظمة WFMS أخرى تستعمل هذه المُقاربة. كما لا يوجد عمل آخر حول مُكاملة السيرورات المقودة بالتنبيهات أو مُكاملة المعطيات في هذا الوقت.

التصميم والتحقيق

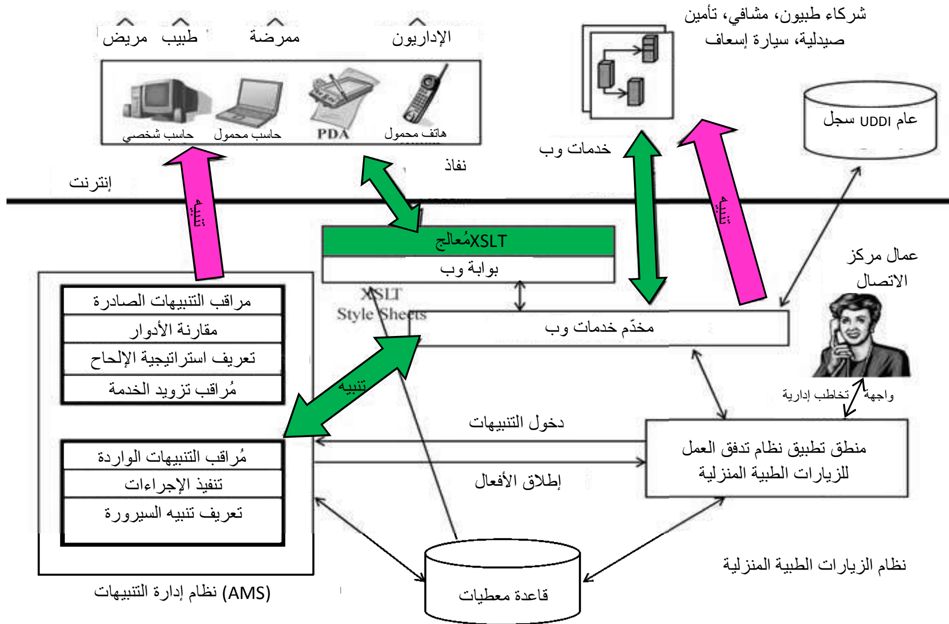
بنيان النظام

لقد أنشأنا نموذجاً أولياً لنظام MHCS على منصات J2EE وOracle (Price, 2000). يبيّن الشكل 3 بنيان التحقيق الكامل لنظام MHCS على أساس نواة AMS السابقة (Kafeza et al., 2004). لمّا كان AMS يُدير فقط التنبيهات، نحتاج إلى منطق تطبيق خاص بالمجال لإنجاز نظام كامل. وعند ورود طلبات خدمة حول المعطيات أو الإجراءات، يولّد منطق التطبيق تنبيهات مزوّدة بالتحديدات اللازمة إلى نظام AMS. وعلى كل مُعالجة لاحقة معتمدة على نتيجة الخدمة الخارجية أن تنتظر إلى حين انتهائها (كما يشير نظام AMS)؛ ويمكن، في غير هذه الحالة، أن يستمر تدفق العمل. ومن

ناحية أخرى، يتحرّك منطق التطبيق بواسطة وحدة التنفيذ من AMS للقيام بالإجراءات المُناسبة وفي الوقت المناسب الاستجابة للتنبيهات الواردة. وإضافة إلى ذلك، يدعم منطق التطبيق واجهة تخاطب إدارية للعاملين في مركز الاتصالات.

يدعم نظام AMS الذي يخصّنا المؤسسةَ، لتكون في آن معاً مزودةَ خدمةٍ ومُطالبة بها. يمكن لكل مؤسسة أن تستعمل AMS لإرسال التنبيهات واستلامها. يكون مراقب التنبيهات الواردة (Incoming Alert Monitor) مسؤولاً عن استلام التنبيهات وإدخالها في الرتل وتحريك الخدمات الموافقة. تُستلم التنبيهات الواردة بصفتها **(i)** طلب تشغيل خدمة ويب، **(ii)** رسائل قصيرة SMS، أو **(iii)** بواسطة بوابة ويب. يمكنهم إطلاق تنفيذ مُعالجات التنبيهات المُناسبة في منطق التطبيق عبر وحدة تنفيذ السيرورات (Process Execution). وإضافة إلى ذلك، تدعم وحدة تعريف التنبيهات والسيرورات (Process and Alert Definition) أداة يمكن للمستعملين بواسطتها أن يعرِّفوا المهام والتنبيهات المقترنة بها تبعاً لمتطلباتهم.

الشكل (3). بنيان نظام يوضّح AMS



إنّ نظام مراقبة التنبيهات الصادرة مسؤول عن إنشاء وإرسال التنبيهات بواسطة طلبات خدمات ويب إلى مزوِّدي الخدمة الموافقين بالإضافة إلى مراقبة استجاباتهم. أما في حالة مزوّدي الخدمة البشر (مثل العاملين في المهن الطبية)، فيجري استعمال ICQ و SMS والبريد الإلكتروني. وبهذه الصفة، يمكن لمزوّد خدمة يدعم فقط استرجاعاً يدوياً للسجلات، أن يُساهم في مُكاملة المعطيات والسيرورات عبر صيغة استجابة للتنبيه على أساس الويب، حيث يمكن بواسطته أن يُدخل موظّفٌ الاستجابة المطلوبة عن تنبيهٍ يدوياً. يتكوّن نظام مراقبة التنبيهات الصادرة من ثلاث وحدات: تعريف استراتيجية الإلحاح، ومطابقة الأدوار، ومراقبة تزويد الخدمة. إنّ وحدة مطابقة الأدوار مسؤولة عن تحديد مزوّدي الخدمة الذين يجب توجيه التنبيهات إليهم. وتُحدد وحدة تعريف استراتيجية الإلحاح السياسات التي يجب اتباعها إذا لم يُستَلَم التنبيه في الوقت المناسب وقبل فوات الآوان. أمّا وحدة مراقبة تزويد الخدمة فهي مسؤولة عن تطبيق الاستراتيجيات المُعرّفة بهذا

الشكل. وتشمل وظائفها إرسال رسائل تنبيه، واستقبال الإجابات، والمحافظة على حالة التنبيه، وإدخال المعلومات. ولكلّ رسالة إجابة مُستلمة، تقوم الوحدة بتحديث معلومات الحالة الموافقة للتنبيه. وهي تَوسِمُ التنبيه بصفة "لقد تمت معالجته". وإذا أُرسلت رسالة التنبيه إلى عدد من مزوّدي الخدمة، تُسنَد المهمة إلى أوّل المستجيبين في حين يستلم الباقون رسائل إلغاء. وتتفحصُ الوحدة، في حالة كل تنبيه موجود في قائمة التنبيهات النشطة وقد فات أوان الاستجابة إليه، جدولَ استراتيجيات الإلحاح، وتُنفِّذ الفعل المقترن به، وتُحدّث معلومات الحالة بما يتوافق مع ذلك.

الشكل (4). مخطط صفّي بلغة UML للتنبيهات مع دعم للخدمات البشرية وخدمات الويب.

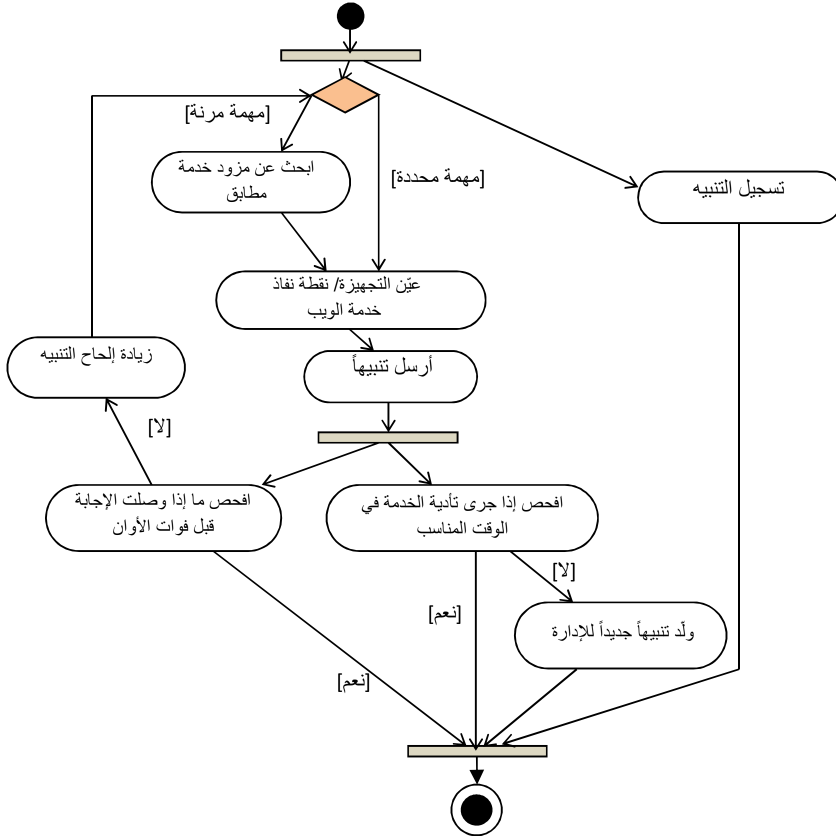
نموذج التنبيه الموسع

يُلخص الشكل (4) تصميمنا لنموذج تنبيهات مفاهيمي موحد في مخطط صفّي بلغة النمذجة الموحدة (Unified Modeling Language) (UML) (Object Modeling Group, 2001). لقد وسّعنا مفهوم التنبيهات (انظر عملنا السابق (Kafeza et al., 2004) للنموذج الشكلي) ليتضمن ليس المستعملين البشر فقط بل أيضاً خدمات ذات واجهات تخاطب برمجيّة. ولقد ضممنا أيضاً مفهوم التنبيه المرن والتنبيه المحدد كما هو موضّح أدناه. يبيّن الشكل (5) دورة حياة نموذجية لتنبيه مع مخطط نشاط بلغة UML. يجري تسجيل جميع المعالجات والمراسلات المتعلقة بالتنبيهات لأهداف التدقيق والمتابعة. يُسجّل التنبيه في عقدة "تسجيل التنبيه". فإذا كان التنبيه محدداً (قُل مثلاً عندما يُحدد المريض اسم طبيب عائلته)، فلا يكون هناك مجال لإجراء بحث عن صنو. وفي المُقابل، إذا كان التنبيه مرناً (قُل مثلاً عندما يذكر المريض مرضَه فقط)، عندها يُطلب من خوارزمية البحث عن تطابق (عقدة "ابحث عن مزود خدمة مُطابق") البحث عن مزود خدمة مُناسب (Kafeza et al., 2004; Chiu et al., 1999). تُحدد عقدة "عيّن التجهيزة/ نقطة نفاذ خدمة الويب "التجهيزة للإنسان أو نقطة نفاذ خدمة الويب لمزوّد خدمات الويب. ثُم تُرسل عقدة "أرسل التنبيه" التنبيهَ وفق ما سبق. وعند فشل عقدة "افحص إذا وصلت استجابة قبل نهاية المهلة " يزيد نظام AMS درجة إلحاح التنبيه، فيطلق بذلك ضرورة إعادة إرسال رسالة التنبيه مجدداً، إمّا إلى مزوّد الخدمة نفسه أو إلى مزوّد مناسب آخر (كما هو موضّح في المقطع اللاحق).

تقود عقدة "افحص إذا جرى تقديم الخدمة في الوقت المحدد" آخر مستوى للسماحية. فإذا لم تُقدَّم الخدمة قبل انتهاء الوقت المتاح لها (مثلاً لم يُخبِر الطبيبُ عن وصوله إلى مكان المريض في الوقت المحدد أو لم يصل سجل المريض ضمن الفترة اللازمة)، عندئذ يولّد نظام AMS تنبيهاً جديداً إلى المدير ذي الصلة لإعلامه بهذا

الاستثناء. وعندها يمكن إجراء معالجة إضافية يدوية أومُساعَدَة من النظام لهذا الاستثناء (Chiu et al., 2001).

الشكل(5). دورة حياة نموذجية لتنبيه في مخطط نشاط بلغة UML.



تصميم خدمات ويب لنظام AMS

لتسهيل التواصل بين المؤسسات بشأن التنبيهات، نستعمل تقانات خدمات الويب الحديثة. يمكن أن يُطلب تنبيهٌ لشريك في الخدمة بواسطة خدمة وب: اطلب – تنبيه (Request-Alert). وبالمقابل يُرسل الشريك في الخدمة اعترافاً باستلام الطلب من الطالب، يشير فيه إلى قبول الطلب أو رفضه أو تأجيل الاستجابة له. يمكن للاستجابات المؤجلة أن تُعاد

عبر خدمة الطالب (ReceiveDeferred Response). يمكن لطالب الخدمة بعدئذ أن يُلغي الطلب بواسطة خدمة (CancelAlert). يمكن لطالبي خدمة بعينها وللخدمات المتعلقة بها أن يتفحصوا وضعها في كل لحظة بواسطة الخدمة المسماة (CheckAlertStatus). وإضافة إلى ذلك، يمكن لشركاء الخدمة أن يتفحصوا قائمة التنبيهات النشطة العاملين عليها بواسطة (ListActiveAlerts). كما يمكن للبرامج الإدارية أن تفحص قائمة التنبيهات النشطة المرتبطة بمهام بعينها. يسرد الجدول (1) قائمة ببعض خدمات الويب.

الجدول (1) قائمة مُختارة من خدمات الويب لاتصالات AMS

اسم الخدمة	الدخل	الإجابة
RequestAlert	AlertID, RequestorID, AlertMessage, Roles, Urgency, Response Required(TRUE | FALSE), Deadline, ExtraData	AlertID, ServicePartnerID, Ack (Confirmed | Denied | Deferred), ResponseMessage, AlertReceiptTime
CancelAlert	AlertID, RequestorID	Ack (Confirmed | Denied | Deferred)
CheckAlertStatus	AlertID, RequestorID	حالة التنبيه
ListActiveAlerts	(TaskID | ServicePartnerID),RequestorID	قائمة بالتنبيهات المرتبطة في الانتظار
ReceiveDeferred Response	Item AlertID, ServicePartnerID, ResponseMessage, Alert-ReceiptTime	Ack (Confirmed, NotConfirmed)

جولة في النظام

في هذا المقطع، نشرح كيف يمكن لتكامل المعطيات والإجراءات أن يصبح أكثر سهولة مع آلية التنبيهات في نظامنا من طريق سيناريو جولة نموذجية عبر النظام.

تكامل سيرورة MHCS

لننظر إلى سيناريو نموذجي لتدفق العمل في MHCS عند مركز الاتصال (انظر الشكل 1)، مع تركيز على التنبيهات المهمة وعلى مدى تنوع مكونات وظائف النظام. يُدخل مريضٌ طلباً عبر بوابة الويب لمركز الاتصال عبر حاسوب شخصي أو تجهيزة محمولة (مثلاً، PDA أورسالة قصيرة SMS). كما يمكنه بدلاً من ذلك أن يتصل بمركز الاتصال هاتفياً ويُدخل عامل المقسم الطلب. يُحلّل منطق تطبيق تدفق العمل الطلب ويُصادق عليه، ثُمّ يولد تنبيهاً مع درجة إلحاح موافقة لحالة المريض (بحيث يُحدد النظام مختلف المواعيد النهائية تبعاً لتفضيلات سياسة الإلحاح للإدارة) ومتطلبات الخدمة تبعاً للمرض وتفضيلات المريض.

في نظام AMS، يستقبل "مُراقب التنبيهات الواردة" تنبيه المريض ويُطلق تنبيهاً صادراً من طريق "مُراقب التنبيهات الصادرة" لطلب خدمة طبيب، مُمرّراً متطلبات درجة الإلحاح والخدمة. وتبعاً لنموذجنا المفاهيمي الموسع للتنبيهات (الشكل 4 والشكل 5)، تتصل "وحدة مُطابقة الأدوار" بالأطباء المحدّدين (إذا حدد المريض أحدهم) أو يجد أطباء مُناسبين من طريق مُقارنة اختصاصات الأطباء والمرض المذكور. يمكن بعدئذ لـ "مراقب مزوّد الخدمة" أن يعالج جميع الاتصالات مع تجهيزات الأطباء، والإقرارات، والانسحابات، ورفع درجة الإلحاح، وإعادة التسيير (أي أطباء بدلاء)، ومراقبة خدمة الطبيب (خصوصاً وصوله إلى منزل المريض) آلياً. ولمّا كان نموذجنا الموسع للتنبيهات يدعم خدمات الويب، في حال لم يكن أيٌّ من الأطباء العاملين مع مركز الاتصال هذا متوافراً، يمكن إعادة تسيير التنبيه إلى نظام AMS الخاص بشركاء آخرين في الرعاية الصحية (كما تحدده وحدة مُطابقة الأدوار) عبر خدمة ويب. وبالمُماثَلَة، يُطلِق تنبيه يطلب خدمة ممرضة عند الضرورة.

وإذا كان المطلوب هو دخول المشفى، يُرسل "مراقب مزوّد الخدمة "تنبيهاً لطلب سيارة إسعاف عبر خدمة ويب لمركز اتصال سيارات الإسعاف، مُمرّراً اسم المشفى،

ودرجة الإلحاح، والمعلومات الضرورية المتعلقة بالمريض (وخصوصاً العنوان والمرض). هذا ممكن الآن لأن نموذجنا للتنبيه الموسع يدعم خدمات الويب. يُرسل "مراقب مزوّد الخدمة" تنبيهاً آخر للاتصال بالمشفى لقبول المريض ولإجراء التحضيرات اللازمة للمريض. في الحالة التي يكون فيها المشفى ممتلئاً أو غير قادر على قبول المريض، يمكن البحث عن مشفى آخر مناسب (كما هو محدد في وحدة مُطابقة الأدوار) ويجري تحديث المعلومات المُرسَلَة إلى سيارة الإسعاف بواسطة خدمة ويب أخرى من مركز اتصال سيارات الإسعاف. وبالمثل يمكن لنظام AMS أن يؤتمت طلباً إلى الصيدلية، ويعالج حالة عدم توافره بإعادة تسيير الطلب إلى مصدر بديل عبر خدمات الويب. يمكن أيضاً لمراقب مزوّد الخدمة مراقبة كل تقدم في هذه التفاعلات من حاسوب إلى آخر تبعاً لمتطلبات الإلحاح الموافقة للمريض.

لتوسيع مدى توفر بوابة الويب للمستعملين على منصات مختلفة، جرى استعمال تقانة لغة (EXtended Markup Language Stylesheet Language) (Lin and Chlamtac, 2000) (XSL). فمثلاً، يجري توليد صفحات خرج مختلفة لبرامج تصفح الويب على الحواسيب الشخصية المكتبية PCs وعلى المُساعِدات الرقمية الشخصية PDAs بلغة التأشير (HyperText Markup Language) (HTML)، في الوقت نفسه يجري توليد صفحات خرج بلغة (Wireless Markup Language) (WML) مخصصة للهواتف المحمولة. يوضح الشكل (6) مثالين على "استمارة استجابة لتنبيه" لطبيب، بواسطة WAP واحدة على هاتف محمول وواحدة على متصفح PDA.

مراقبُ مزود الخدمة مسؤول عن الوظيفة الإدارية الحيوية المتمثلة في مراقبة حالة تقدّم الخدمة وخصوصاً الاستثناءات. إذاً، يولّد نظام AMS تنبيهات تُرسل إلى المدير ذي الصلة عند حدوث استثناءات. فمثلاً، يمكن للمدير أن يراقب حالة زيارة منزليّة بواسطة صفحة مخصّصة من مراقب حالة الزيارة المنزلية (House-call Status Monitor) (انظر

الشكل 7) على أساس نظرة مُخصصة إلى جدول التنبيهات النشطة في AMS. ويمكن إدخال تعديلات يدوية عبر واجهة التخاطب الإدارية عند الضرورة.

الشكل(6). أمثلة على استمارات استجابة بإقرار استلام تنبيهات.



وهكذا يمكن لنظام AMS أن يدعم إدارة مرنة لتدفق العمل ولتكامل السيرورات مع شركاء الخدمة، بما يشمل التفاعلات مع الأشخاص ومع البرامج. بدعم AMS، جميع المتطلبات المُلحّة المرتبطة بالتفاعل مع العاملين بالمهن الطبية ومزوّدي الخدمة، بالإضافة إلى متطلبات المُراقبة من الإدارة، يمكن أن تُلتقط على نحو منهجي من قبل نظام AMS، بدلاً من أن تكون منثورةً في جميع أنحاء مخطط تدفق العمل الرئيسي.

الشكل(7). مراقبة التنبيهات والحالات.

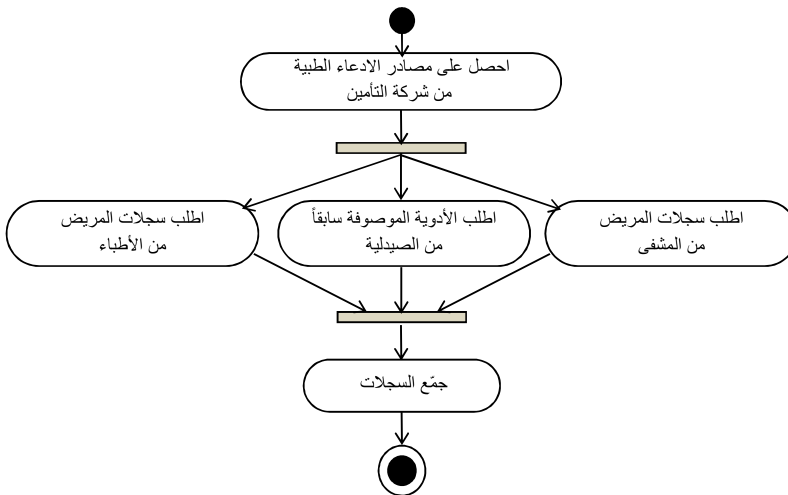
MONITOR House Call Status

Call ID	Patient ID	Doctor	Admin Staff	Start Time	Status
HC0384	PN002993	N/A	N/A	11 May 2003 12:30	Finding Doctor, waiting for doctors' reply
HC3748	PN000392	Dr. Philip Ng	Terence Yeung	11 May 2003 10:05	On the way to local patient
HC1283	PN048737	Dr. Joanne Wong	Cindy Wong	11 May 2003 09:25	Consultation in progress
HC6483	PN009938	Dr. Steven Ip	Cindy Wong	11 May 2003 05:45	Replacement for absence of doctor
HC4588	PN006744	Dr. Amy Chan	May Cheung	11 May 2003 03:15	On the way to oversea patient
HC5448	PN005544	Dr. Gary Lee	Cindy Wong	11 May 2003 01:10	Consultation in progress, need extra help
HC2334	PN006222	Dr. Paul Yip	Gillian Chan	10 May 2003 23:55	Wait for Payment

تكامل معطيات الرعاية الصحية

لمّا كنّا ننمذج طلبات المعطيات بصفتها تنبيهات، يمكن بالمثل نمذجة سيرورة تكامل معطيات الرعاية الصحية (تجميع سجلّ المريض في الشكل 5) بصفتها تدفق عمل، في حين تجري نمذجة طلبات المعطيات المنفردة بصفتها تنبيهات. يبين الشكل (8) مثالاً على تدفق عمل لتكامل معطيات الرعاية الصحية.

الشكل(8). مثال عن خطة تكامل معطيات الرعاية الصحية في مخطط نشاط بلغة UML.



عندما يحدد منطقُ تطبيق تدفق العمل الحاجةَ لجمع سجلات مريض، يجري إرسال تنبيه إلى AMS. وفي نظام AMS يستقبل "مراقب التنبيهات الواردة" هذا التنبيه ويطلق تنبيهاً صادراً من طريق "مراقب التنبيهات الصادرة". تُحدد "وحدة مُطابقة الأدوار" شركة التأمين المقصودة ويرسل "مراقب مزود الخدمة" تنبيهاً عبر خدمات الويب إلى شركة التأمين لطلب استخلاص قائمة من مزوّدي خدمة الرعاية الصحية من سجلات المريض. وعلى أساس هذه الإجابة، يجري إرسال تنبيهات إضافية لكل واحد من مزودي خدمة الرعاية الصحية المذكورين عبر خدمات الويب الخاصة بكل منهم لطلب سجلات المريض ذي الصلة. تُطبّق متطلبات الإلحاح نظراً إلى حاجة الطبيب إلى المعلومات عند وصوله إلى منزل المريض، في حين يحتاج المشفى لهذه المعلومات عند وصول المريض إليه. وعليه، لا يعنى نظام AMS بالتفاعلات بين مختلف المكونات فقط بل أيضاً بمدى إلحاح المتطلبات لتكامل المعطيات.

في حالة كون بعض من مصادر المعطيات هذه لا يدعم إلاّ الإجراءات اليدوية، فيبقى بإمكانهم المساهمة في هذه السيرورة لأنّ بنياننا يوفر استمارات استجابة للتنبيهات على أساس الويب (انظر الشكل 9). وعلاوة على ذلك، يمكن أن يتدخل البشر عند الحاجة إلى موافقة للوصول إلى بيانات المريض. في هذه الحالة، ومع أنّه من الممكن أن تُرفَض بعض الحالات، أو أن تتأخر عن الموعد المحدد، ولكن يجري تسريع سيرورة مُكاملة المعطيات بقدر الإمكان.

الشكل(9). مثال عن استمارة استجابة لتنبيه طلب معطيات.

QMS - AMS Reply Form (QMH00053579) - Netscape

File Edit View Go Communicator Help

QMH - AMS Reply Form (User: Dr. Finkelstein's Clinic)

Alert #QMH00053579 (*Specific Data Request*): Patient History Request
Deadline: 2003-09-12 19:20:00.0 (Very Urgent)
TaskID: QMHT00013950
Alert Message:
Patient Tai-Man CHAN (ID: G123567) severely injured, arriving at hospital

Reply Message:

Submit Reply | Reset | Reject Request

List Alerts | Logout

Document: Done

مُعالجة درجة الإلحاح ومطابقة مزوّد الخدمة

لنلقِ نظرة أعمق على أسلوب معالجة الحالات المُلحّة من قِبَل "مُراقب التنبيهات الصادرة" في نظام AMS. إنّ وحدة مُطابقة الأدوار مسؤولة عن البحث عن مزوّد خدمة لكل تنبيه. تبحث خوارزمية مُطابقة مزوّد الخدمة عن مزوّدي الخدمة الذين بإمكانهم أداء الدور المطلوب استجابةً للتنبيه. ثُمّ تختار الخوارزمية بعدئذ أولئك الذين تُحقق أزمنة استجابتهم الشرط الزمني المحدد للتنبيه. وهذا بدوره يُقلل عدد مزودي الخدمة القادرين على استلام التنبيه. عند حصول مطابقة يجري اختيار مزود خدمة استناداً إلى تابع تكلفة مُعطى من قبل المستعمل (لمعلومات إضافية انظر Kafeza et al., 2004). في هذا التطبيق، يعتمد

تابع التكلفة على الزمن اللازم لتقديم الخدمة، والمسافة التي يجب قطعها للوصول إلى المريض، وأجرة مزوّد الخدمة وغيرها. وفي حالة عدم توافر تطابق (أي أنه لا يوجد مزود خدمة يؤدي الدور المطلوب وقبل مرور الموعد المحدد)، تُحدّث الخوارزمية التنبيه من طريق توسيع الأدوار ما إن يكون ذلك ممكناً (مثلاً، طلب طبيب اختصاصي بدلاً من طبيب عام). بعد المُطابقة، يحتفظ جدول التنبيهات النشطة بجميع التنبيهات غير المنجزة أسواء جرى استلامها من أحدهم أم لم يجرِ.

إذا أُعيد إرسال تنبيه، تأخذ خوارزميةُ مُطابقةِ مزوّد الخدمة في الحسبان تعريفَ استراتيجية مدى الإلحاح. إنّ وحدة تعريف استراتيجية الإلحاح هي أداةٌ لتعريف السياسات التي تتغير استناداً إليها درجات إلحاح التنبيهات. وعلاوة على ذلك، فإنّ هذه الوحدة مسؤولة عن الاحتفاظ بالمعلومات المتعلقة بحالة التنبيه وعن تحديث هذه المعلومات. في نموذج التنبيهات الذي يخصنا، يقترن كلُّ تنبيه مع قيمة إلحاح وموعد نهائي، في حين يقترن كل مزود خدمة بالزمن الوسطي للاستجابة لكل خدمة يقدمها. أثناء مرحلة التعريف، يجب على المدير أن يحدد جداول استراتيجية الإلحاح. يعرّف جدول استراتيجية الإلحاح السياسات لكل زيادة في درجة الإلحاح والأفعال الإضافية التي يجب فعلها عندئذ. يمكن للإدارة تعريف جداول استراتيجيات إلحاح مختلفة توافق أنماطاً مختلفة من التنبيهات. فمثلاً يمكن تعريف قيم الإلحاح من المجموعة المرتبة (منخفض، عادي، مُلحّ، مُلح جداً، حَرِج، حَرِج جداً) وأخذ تابع الإلحاح المغتفل (Default Urgency Function) التابعَ المبين في الصندوق (1).

يبين الجدول (2) مثالاً عن جدول استراتيجية إلحاح. دعنا هنا نتأمل ربط تنبيه بهذا الجدول. افترضْ أن التنبيه قد أُرسل إلى الطبيب المُختار حاملاً درجة الإلحاح المغتفلة "مُلحّ". في حالة عدم ورود استجابة من الطبيب يرفع مُراقب مزوّد الخدمة الأولويّة إلى درجة "مُلحّ جداً" ويُنشئ رسالة تنبيه أخرى لإعلام الطبيب بقرب انتهاء الفترة الزمنية المتاحة. وإذا، مع ذلك، لم ترد استجابة إلى مُراقب مزوّد الخدمة، يرفع الأخير

الأولوية إلى درجة "حَرِج"، وفي الوقت نفسه تبحث وحدة مُطابقة الأدوار عن طبيب آخر يؤدي نفس الأدوار ويمتلك أفضل زمن استجابة. فإذا فشلت هذه المرحلة أيضاً يرفع مجدداً مُراقب مزوّد الخدمة الأولوية إلى درجة "حَرِج جداً"، حيث يجري بثّ التنبيه إلى جميع الأطباء الذين يؤدّون الأدوار المطلوبة، ويجري إعلام الإدارة.

الصندوق (1).

$$U002(t)=\begin{cases} \text{مُلحّ} & t \le T \ \text{(قيمة مغتفلة)} \\ \text{مُلحّ جداً} & T < t \le T + dt_1 \\ \text{حرج} & T + dt_1 < t \le T + dt_1 + dt_2 \\ \text{حرج جداً} & T + dt_1 + dt_2 < t \le T + dt_1 + dt_2 + dt_3 \end{cases}$$

الجدول (1). مثال على جدول استراتيجية إلحاح

درجة الإلحاح 002	الفعل
مُلحّ	المغتَفل–أرسل رسالة إلى الطبيب المُختار.
ملحّ جداً	أرسل رسالة ثانية إلى الطبيب نفسه مع الإشارة إلى اقتراب الموعد النهائي.
حَرِج	أعد تسيير التنبيه إلى مزود خدمة آخر لديه أسرع زمن استجابة.
حَرِج جداً	أرسل التنبيه إلى عدة مزودي خدمة واقبل نتيجة أوّل المستجيبين وأعلم الإدارة.

مُناقشات قابلية التطبيق

لقد تناقشنا، بناءً على النموذج الأولي وتوصيف النظام، مع أصحاب المصلحة الرئيسيّين في النظام، بما يشمل محترفي المهن الطبية، والمرضى، ومركز الاتصال. وشرحنا أهمية آلية التنبيهات في MHCS، والكيفية التي تُساعد فيها مختلف التقانات الحديثة.

إنّ المحفّز الرئيسي في MHCS هو إيجاد حلول فعلية وفاعلة للمسائل الموجودة المتعلقة بإجراءات يدوية مُكلفة لتوفير خدمات نوعيّة للمرضى. هناك حاجة قوية لأتمتة

تدفق العمل لأنّ السيرورات الداخلة هي غالباً مُلحّة، وتعاني من الأخطاء، وفيها العديد من الاستثناءات، مثل الفشل في إيجاد الأشخاص المناسبين، أو في غيابهم أو تأخرهم وغيرها. تكمن جذور هذه المشاكل في تنوع الأطراف أو الأفراد الذين يجب التواصل معهم. ما إن يلتزم أحدهم بالاستجابة إلى نداء حتى يصبح مركز الاتصال مُلزماً بتوفير حاجتهم من المعلومات (وخصوصاً سجلّات المريض الإلكترونية)، بالإضافة إلى دعم الإجرائية المطلوبة. يُساعد AMS في اختيار الأشخاص المناسبين أو شركاء الخدمة والاتصال معهم عبر القنوات المتوافرة وفي الموقع الصحيح ومع المعلومات الصحيحة، وذلك بواسطة آلية التنبيهات كما هو مبين في هذا المقال. وعلى وجه الخصوص، يؤتمت نظام AMS هذه الاتصالات عبر قنوات إلكترونية متنوعة، وذلك بالإضافة إلى محاولته المبادلة بين مزودي الخدمة (عاملون في المهن الطبية عبر منصات نقّالة مختلفة، وشركاء خدمة مختلفين عبر خدمات الويب) وذلك بهدف جعل أزمنة التأخير والتكاليف الناجمة عن الاتصالات اليدوية ومحاولات إعادة الإتصال غير الفعالة أصغرية. وكذلك يلاحق AMS جميع هذه التنبيهات ومن ثَمّ يراقب سيرورات تدفق عمل مركز الاتصال، بهدف التوثّق من تقديم الخدمات المطلوبة في الوقت المناسب دون تأخير، وبما يحقق متطلبات الإلحاح. وعليه، يلتقط MHCS معرفة وخبرات العاملين في مركز الاتصال ويساعدهم في معالجة اتصالات المرضى معالجة صحيحة وفي حينها.

بوجه خاص، ينصبّ الاهتمام الأساسي على العناية بالمرضى. ومع هذه التحسينات في مركز الاتصال، يمكن تقديم خدمة الزيارات المنزلية بأسلوب موثوق ودون تأخير من قِبَل محترفي الرعاية الصحية ومن ذوي الاختصاصات المناسبة وعلى نحو انسيابي. وأكثر من ذلك، قد لا تتمكن الهواتف من الاستجابة عندما يكون هناك، وعلى نحو مُفاجئ، عدد كبير من الاتصالات. قد لا يكون هذا مُحبطاً فحسب بل قد يزيد المخاطر على صحة المريض. ولكن مع تعدد قنوات النفاذ إلى MHCS، يمكن للمريض أن يُدخل طلبه إلى الويب عبر تجهيزات نقالة متنوعة، أو بواسطة اتصال هاتفي تقليدي

إلى مركز الاتصال. ويمكن للمرضى المصابين بأمراض مزمنة أن يتصلوا بواسطة تجهيزات سابقة البرمجة ذات واجهة تخاطب بسيطة (مجرّد زرّ إلكتروني).

وكذلك يُساعد التسيير الدقيق، والتامّ وفي الوقت المناسب للمعلومات في تحسين خرج الرعاية. يوفر MHCS بيئة موزّعة لا ورقية، التدخّل البشري فيها أصغريّ، وهي من ثَمّ تُحسّن الدقة والالتزام بالمواعيد. لقد شرحنا في المقطع السابق كيف يجري تسيير سجلات المريض مباشرة إلى منزل المريض وإلى الطبيب المسؤول عن الاستجابة للنداء عبر خدمات الويب بواسطة آلية التنبيهات. وكذلك تصل تفاصيل الاتصال (مثل الموقع، وأعراض المريض، والتجهيزات اللازمة) مباشرة وبدقة إلى الطبيب. وبالمثل، يمكن أيضاً تسيير الوصفات الطبية آلياً إلى الصيدليات. ولقد شرحنا، إضافة إلى ما سبق، كيف يمكن لهذه الأتمتة والإدارة المتعلقة بها عبر MHCS أن تعزز الخصوصية والأمان.

في مُقاربتنا، تجري جميع عمليات النفاذ إلى المعطيات بواسطة تنبيهات. لذلك يمكن لنظام AMS أنّ يضمن أنّ الأشخاص الضروريين هم الأشخاص المعنيون بالسيرورة فقط، وذلك بالاعتماد على آلية المُطابقة في نظام AMS (Kafeza et al., 2004) التي تتحقّق من الأدوار التي يؤديها مزودو الخدمة في الاستجابة للتنبيهات. وعلاوة على ذلك، يمكن للسجلات المبعثرة للمرضى أن تُجمّع وتُرسل مُباشرة إلى الحاسوب الشخصي في منزل المريض، أو على هذه المنصة إلى الطبيب المسؤول عن هذه الزيارة. وهكذا يمكن حماية خصوصية المرضى. وأخيراً، لمّا كانت كلُّ هذه الأنماط من الوصول إلى المعطيات مسجلة بواسطة آلية التنبيهات، كان بالإمكان إجراء التدقيق فيها عند حدوث أي إساءة للاستعمال.

وفي الحالات غير المُلحّة، يُقدّم النظام المؤسّس على أساس الويب وظائف جديدة. يمكن للمرضى أو لعائلاتهم البحث عن الطبيب الذين يرغبون به أو عن المشافي. ويمكن لنظام MHCS أن يُساعد في إيجاد المشفى أو العيادة المناسبين لتلبية الاحتياجات

الموافقة للتغطية التأمينيّة للمريض. كما يمكن لنظام MHCS أن يُجَدْوِلَ فحوصات ضمن فترة زمنية وأن يخفض بوجه عام زمن الانتظار.

ويمكن لنظام MHCS أيضاً أن يساعد محترفي المهن الطبية في إدارة وقتهم وبرنامج عملهم في أي مكان وأي وقت ويساعدهم بالاتصال مع العديد من الجهات الأخرى (مثل مركز الاتصال، المشافي، عياداتهم الخاصة وغيرها) للحصول على الدعم. وبوجه خاص، لإدخال آلية نظام AMS أربع (المترجم: خمس) مزايا مهمة. **(1)** إنّه يتوثق من وصول التنبيه إلى الشخص أوالجهة التي يجب إعلامها. **(2)** يُساعد تضمين تجهيزات نقّالة ومنصات متعددة كلاً من المرضى ومحترفي المهن الطبية. **(3)** يزيد تحقيق سياسة إلحاح، تستعمل تنافسياً تجهيزات متعددة لإيصال التنبيه، احتمال إعلام الشخص المقصود في الوقت المحدد. **(4)** التنبيه المؤتمت يجعلنا واثقين من دقة المعلومات المنقولة وكمالها. **(5)** يُتيح نظام AMS اختيار المعلومات المستلمة، وتجهيزات التسليم، والمجالات الزمنية المناسبة.

أمّا ما يتعلّق بتبني النظام، فهناك مشكلة كبيرة تواجه التهجير نحو النظام الجديد متمثلة في كون بعض الشركاء من مزوّدي الخدمة لا يدعمون خدمات الويب، أو حتّى حوسبة بعض المهام. ولمّا كان بنيان نظامنا يدعم تنبيه الأفراد، فيمكن أن يساعد موظفو مركز الاتصال، أو الموظفون عند مزودي الخدمة بإدخال المعلومات إلى النظام بواسطة الاستمارت التفاعلية للاستجابة للتنبيهات (انظر الشكل 9) على أساس الويب. أسوأ السيناريوهات هو حينما يجري تنبيه موظف في مركز الاتصال لإجراء عمل يدوي (مثل الاتصال بمشفى عبر الهاتف لإعلامه بوصول مريض) وتسجيل الفعل بواسطة استمارة استجابة لتنبيه.

ومع انتقال المؤسسات نحو نماذج موجّهة نحو الخدمات، فإنّ مزوّدي الخدمة الذين لا يُفكّرون حالياً في الانتقال إلى الحوسبة سوف يشعرون سريعاً بالحاجة إلى هذا الانتقال بهدف تحسين تنافسيّتهم. وسيدركون في النهاية قيمة هذه النظم. وعلاوة على

ذلك، فإنّ واجهات خدمات الويب الخارجية المقترحة ليست معقدة على الإطلاق ويمكن برمجتها بسهولة لاستلام التنبيهات وتوصيلها. وأكثر من ذلك، فإن نظام AMS هذا نظام خفيف الوزن وعالي التوافق ويقترن بسهولة مع أنظمة جزئية أخرى، هذا ما يمكنه من الارتباط مع أي نظام معلومات يحتاج إلى مثل هذه الخدمات. وإلى جانب تسيير التنبيهات إلى مزوّدي خدمات خارجيين، يمكن لنظام AMS أن يسيّر التنبيهات إلى نظام AMS آخر ضمن مؤسسة كبيرة، مثل مشفى. ويجري تنظيم عملهما معاً بواسطة تقانة خدمات الويب ليعملا دون انقطاع ضمن المؤسسة وحتى عبر حدودها مع مزوّدي خدمات شركاء. يقبل هذا البنيان بسهولة التوسيع وتبادل المعلومات. وهكذا يمكن لعدد من الشركاء في الرعاية الصحية الذين يُشغّلون مراكز الاتصال، ومن ثَمّ لديهم أهداف متشابهة، أن يُؤلِّفوا بفاعلية تحالفات لتقديم خدمات أفضل. وبهذه الصفة، يمكن للأنظمة المُحدّثة أن توفر بالتدريج دعماً للتنبيهات عبر نظام AMS، بهدف إجراء الاختبارات اللازمة وتبسيط إجراءات الانتقال، الأمر الذي قد يكون مباشرة مستحيلاً لشموله عدداً كبيراً من مزوّدي الخدمة في شبكة خدمات (Gentzsch, 2002).

الخاتمة وأعمال مستقبلية

في هذا المقال، نُجمّع تقنيات من مجالات مختلفة من علوم الحاسوب، والتسويق، وأنظمة معلومات الرعاية الصحية، لمُعالجة الحاجة لخدمة سريرية حرجة بالإضافة إلى تحدي صنع القرار على أساس درجة الإلحاح في إدارة التنبيهات. لقد حلّلنا المتطلبات واقترحنا توصيل التنبيهات إلى مزوّد الخدمة المناسب وفي الوقت المناسب باستعمال خدمات الويب والتجهيزات النقالة، بهدف تزويد الخدمة تحت قيود الإلحاح. وأدخلنا إطاراً لنظام إدارة التنبيهات (AMS) يدعم في آن معاً مزوّدي الخدمة البشر ومزودي خدمات الويب. ويدعم إطار العمل هذا نموذجاً مفاهيمياً مرناً للتنبيهات ويسمح للمستعملين أن يُحدّدوا المهام، والتنبيهات والأدوار والعلاقات بينها. ووضّحنا بعدئذ كيف يمكن للتنبيهات أن تلتقط في آنٍ معاً متطلبات مُكامَلة المعطيات وطلبات مُكامَلة السيرورات. ولقد عرضنا

أيضاً بنيان نظام AMS الذي يخصنا مع شرح لتطبيقه على أساس تقانات خدمات الوب والأجهزة النقالة مع آليات مراقبة التنبيهات وتسييرها. ولقد بيّنا وناقشنا قابليّة تطبيق نظام AMS في إدارة سلسلة تدفق العمل في الرعاية الصحية مع نظام زيارات طبية منزلية MHCS، يدعم كلاً من تكامل معطيات الرعاية الصحية وسيروراتها. ولأنّه من الصعب تشجيع إجراء تغييرات جذريّة في خدمات الرعاية الصحية، يفيد نظام MHCS الذي يخصنا بصفته عرضَ حالة نموذجياً لما يمكن أن يكون عليه نظام AMS

المساهمة الرئيسية الجديرة بالملاحظة لنظام AMS هي أنّه بالإمكان نمذجة طلبات مُكاملة السيرورات والمعطيات لمزوّدي الخدمة البشر (بما يشمل الأطباء والممرضات) بالإضافة إلى مزوّدي خدمات الويب (مثل الاتصال بالمشفى، وطلب أدوية المرضى من الصيدلية) مُنَمذَج بأسلوب منتظم على أساس تنبيهات في بنيان إطار عمل هذا التطبيق. المنطق لإرسال وتسيير ومراقبة هذه التنبيهات مدعوم في نظام AMS وتمكن إعادة استعماله إلى درجة كبيرة. ويمكن لتطوير هذا التطبيق أن يكون بنيوياً إلى حد بعيد وأيسر.

وعلاوةً على ذلك، لأنّ نظام AMS يستهدف مهام مُلحّة غير متزامنة أو غير بنيوية أو حتى غير متوقعة (مثل مُعالجة الاستثناءات)، فإنّه يتمّم أنظمة إدارة تدفق العمل (WFMS) التقليدية التي تستهدف تدفقات العمل المتزامنة المنتظمة. في الحقيقة، إن نظام AMS ناتج عن تطوّر آليات معالجة الاستثناءات وواجهات التخاطب مع المستعمل في نظامنا الذي يحمل اسم (ME-ADOME WFMS) (Chiu et al., 2002)، وذلك من طريق عزل متطلبات معالجة الإلحاح وتوسيعها، على الخصوص. يقع التنفيذ الفيزيائي لمهام منفردة وسيرورات منتظمة خارج مجال نظام AMS ويجري تلقيه ضمن منطق التطبيق الخاص بأنظمة المعلومات المنفردة (كما هو مبين في الشكل 3)، الذي يمكن أن ينتمي إلى نظام WFMS أيضاً.

ولتقييم مُقاربتنا ونموذج نظامنا الأولي، برمجنا تجارب حقيقة. وبهدف تقييم أداء النظام، قارنّا زمن الخدمة مع الممارسة القائمة. وقارنّا أيضاً التكاليف لتبيان فيما إذا

انخفضت بالنسبة إلى المرضى. وباستعمال استبيان، قيّمنا مدى رضا المرضى بالمقارنة مع السياسات القائمة حالياً. كما إننا نُخطط، في عمل مستقبلي، لإجراء مُحاكاة لدراسة قابليّة توسيع نطاق تطبيق النظام ومدى قوته.

سنُضمّن نظام AMS في نظامنا ME-ADOME WFMS (Chiu et al., 2002)، بهدف تقوية الدعم للتنبيهات ضمن التدفق العام للعمل وإدارة الخدمة الإلكترونية. كما إنّنا سنتحرّى العلاقات البينية بين التنبيهات. بوجه خاص، سننظر في التنبيهات الناتجة من الفشل بالالتزام (Chiu et al., 2004b) وعلاقتها بالالتزام بالعقود. كما إننا مهتمون أيضاً بقضايا إضافية حول إدارة قوة العمل التعاونية، وخصوصاً إدارة دفاتر مذكّرات العاملين في الرعاية الصحية بواسطة عملاء (Chiu et al., 2003). ونحن مهتمون أيضاً بدراسة أثر الإلغاءات، وهي استثناءات ممكنة أخرى، والحلول الوسطى بين النوعية والتكلفة، ومفاوضات الخدمة (Chiu et al., 2004b). وسنتحرّى مستقبلاً المتطلبات القانونية والأخلاقية، ومتطلبات الأمان والخصوصية التي تدخل في مسألة تكامل سجلات المرضى بين المؤسسات المختلفة. وكذلك فإنّ استعمال تقانات الويب الدلاليّة لصياغة الخدمة (Wang and Cheung, 2004) والمطابقة (Xu et al., 2004; Chiu et al., 1999) هو أيضاً واحد من اتجاهات أبحاثنا النظرية حيث نتوسع من نظام مغلق من الشركاء الطبيين إلى شبكة خدمة مفتوحة في المستقبل.

شكر

تلقى هذا العمل الدعم من مجلس مِنَح البحث في هونغ كونغ بمنحة Earmarked Research (HKUST 6170/03E).

المراجع

Al-Ali, A. R., Ozkul, T., and Landolsi, T. (2006). "A Preliminary Study toward Wireless Integration of Patient Information System," *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 1(4), 1-14.

Ammenwerth, E., Buchauer, A., Bludau, B., and Haux, R. (2000). "Mobile information and communication tools in the hospital," *International Journal of Medical Informatics*, 57 (1), 21-40.

Chiu, D. K. W. Cheung, S. C., and Kafeza, E. (2002). "Three-tier View-based Support for Mobile Workflow," In Proceedings of the 1st International. Conference on Mobile Business, CDROM, Athens, Greece.

Chiu, D. K. W., Cheung, S. C., Kafeza, E., and Leung, H.-f. (2003). "A Three-Tier View Methodology for adapting M-services," *IEEE Transactions on System*, Man and Cybernettics, Part A, 33(6), 725-741.

Chiu, D. K. W., Cheung, S. C., Karlapalem, K., Li, Q., Till, S., and Kafeza, E. (2004). "Workflow View Driven Cross-Organizational Interoperability in a Web Service Environment," *Information Technology and Management*, 5(3-4), 221-250.

Chiu, D. K. W., Cheung, S. C., Hung, P. C. K., and Leung, H.-f. (2004b). "Constrained Based Negotiation in a Multi-agent Information System with Multiple Platform Support," In Proceedings of the 37th Hawaiian Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, CDROM, 10 pages.

Chiu, D. K. W., Cheung, S. C., and Till, S. (2003) "An Architecture for E-Contract Enforcement in an E-service Environment," In Proceedings of the 36th Hawaiian Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, CDROM, 10 pages.

Chiu, D. K. W., Choi, S. P. M., Wang, M., Kafeza, E. (2008) "Towards Ubiquitous Communication Support for Distance Education with Alert Management," *Educational Technology and Society*, 11(2), 2008.

Chiu, D. K. W., Kwok, B., Wong, R., Kafeza, E., Cheung, S. C., and Kafeza, M. (2004c). "Alert Driven Healthcare Process and Data Integration," In Proceedings of the 37th Hawaiian Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, CDROM, 10 pages.

Chiu, D. K. W., Li, Q., and Karlapalem, K. (1999). "A Meta Modeling Approach for Workflow Management System Supporting Exception Handling," *Information Systems*, 24(2), 159-184.

Chiu, D. K. W., Li, Q. and Karlapalem, K. (2001). "Web Interface-Driven Cooperative Exception Handling in ADOME Workflow Management System," *Information Systems*, 26(2), 93-120.

Chun, S. A., Atluri, V., and Adam, N. R. (2002). "Domain Knowledge-based Automatic Workflow Generation," In Proceedings of the 13th International. Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA 2002), Aix en Provence, France, 81-92.

Chung, J. C. S., Chiu, D. K. W., and Kafeza, E. (2007). "An Alert Management System for Concrete Batching Plant," In Proceeding of the 12th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Patras, Greece, 591-598.

Eisenstadt, S., Wagner, M., Hogan, W., Pankaskie, M., Tsui, F-C, and Wilbright, W. (1998). "Mobile workers in healthcare and their information needs: are 2-way pagers the answer? " In Proceedings of the AMIA Annual Fall Symposium, 135-139.

Fano, A., and Gershman, A. (2002). "The Future of Business Services in the age of Ubiquitous Computing," *Communications of the ACM*, 45(12):83-87.

Gentzsch. W. (2002). "Grid computing: a new technology for the advanced web," In Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Advanced Environments, Tools, and Applications for Cluster Computing, Springer, LNCS2326, 1-15

Grimson, J., Stephens, G., Jung, B., Grimson, W., Berry, D., and Pardon, S. (2001). "Sharing healthcare records over the internet," *IEEE Internet Computing*, 5(3), 49-58.

Haimowitz, I., Farley, J., Fields, G. S., Stillman, J., and Vivier, B. (1996). "Temporal Reasoning for automated workflow in Health Care Enterprises," In Electronic Commerce: Current Reasearch Issues and Applications, Springer, LNCS 1028, 87-113.

Hripcsak, G. Clayton, P., Jenders, R. A., Cimino, J. J., and Johnson, S.B. (1996). "Design of a Clinical Event Monitor," *Computers and Biomedical Research*, 29, 194-221.

Kafeza, E., Chiu, D. K.W., Cheung, S. C., and Kafeza, M. (2004). "Alerts in Mobile Healthcare Applications: Requirements and Pilot Study," IEEE *Transactions on Information Technology for Biomedicine*, 8(2), 173-181.

Lee, R. C. M., Mark, K. P., and Chiu, D. K. W. (2007). "Enhancing Workflow Automation in Insurance Underwriting Processes with Web Services and Alerts," In Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, CDROM, 10 pages.

Lin, Y.-B., and Chlamtac, I. (2000). *Wireless and Mobile Network Architectures*. John Wiley and Sons.

Liu, C. T., Long, A. G., Li, Y. C., Tsai, K. C., and Kuo, H. S. (2001). "Sharing patient care records over the World Wide Web," *International Journal of Medical Informatics*, 61(2-3), 189-205.

Logan, A. G., McIsaac, W. J., Tisler, A., Irvine, M. J., Saunders, A., Dunai, A., Rizo, C. A. Denice, Feig, S., Hamill, M., Trudel, M., and Cafazzo, J. A. (2007). "Mobile Phone-Based Remote Patient Monitoring System for Management of Hypertension in Diabetic Patients," *American Journal of Hypertension*, 20(9), 942-948.

Marsh, A. (1998). "The Creation of a global telemedical information society," *International Journal of Medical Informatics*, 49(2), 173-193.

McGregor, C. (2007). "A Framework for the Design of Web Service Based Clinical Management Systems to Support Inter and Intra Organizational

Patient Journeys," *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 2(2), 21-35.

Ng, C. W. W., and Chiu, D. K. W. (2006). e-Government Integration with Web Services and Alerts: A Case Study on an Emergency Route Advisory System in Hong Kong, In Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, CDROM, 10 pages.

Olla, P. and Tan, J. (2006). "An Organizing Framework for Conceptualizing Mobile Health Systems," *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 1(2), 1-19.

Pinna, G. D., Maestri, R., Andrews, D., Witkowski, T., Capomolla, S., Scanferlato, J. L., Gobbi, E., Ferrari, M., Ponikowski, P., Sleight, P., Mortara, A., and Johnson, P. (2007) "Home telemonitoring of vital signs and cardiorespiratory signals in heart failure patients: System architecture and feasibility of the HHH model," *International Journal of Cardiology*, 120(2), 371-379.

Price, J. (2002). Oracle 9i JDBC Programming, McGraw-Hill Osborne.

Ride, D. M., Safran, C., Philips, R. S., Wang, Q., Calkins, D. R., Delbanco, T. L., Bleich, H. L., and Slack, W. V. (1994). "Effect of Computer Based Alerts on the Treatment and Outcomes of Hospitalized Patients," *Archives of Internal Medicine*, 154, 1511-1517.

Raghupathi, W., and Gao, W. (2007). "Exploring a UML Profile Approach to Modeling Web Services in Healthcare," *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 2(2), 36-25.

Raghupathi, W., and Tan, J. (2002). "Strategic IT Applications in health care," *Communications of the ACM*, 45(12), 56-61.

Sheng, O. R. L., and Chen, G. H. M. (1990). "Information Management in Hospitals: An Integrating Approach," In Proceedings of Annual Phoenix Conference, 296-303.

Sheth, A., and Larson, J. (1990). "Federated database systems," *ACM Computing Surveys*, 22(3), 183-236.

Takeda, H., Matsumura, Y., Kuwata, S., Nakano, H., Sakamoto, N., and Yamamoto, R. (2000). "Architecture for networked electronic patient record systems," *International Journal of Medical Informatics*, 60(2), 161-167.

Suomi, R., and Tähkäpää, J. (2003). "Establishing a Contact Centre for Public Health Care," In Proceedings of the 36th Hawaiian Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, CDROM, 10 pages.

Weverka, P. (2001) *Mastering ICQ: The Official Guide*. IDG Books. ICQ Press.

Wang, X., and Cheung, S. C. (2004). "Grammar Based Interface Processing in Web Service Composition," In *Proceedings of the International Workshop on Conceptual Model-directed Web Information Integration and Mining (CoMWIM 2004)*, Shanghai, LNCS 3289, 323-334.

Woodend, A. K., Sherrard, H., Fraser, M., Stuewe, L., Cheung, T., and Struthers, C. (2008). "Telehome monitoring in patients with cardiac disease who are at high risk of readmission," *Heart and Lung: The Journal of Acute and Critical Care*, 37(1), 36-45.

Xu, C., Cheung, S. C., and Xiao, X. (2004). "Semantic Interpretation and Matching of Web Services," in *Proceedings of the 23rd International Conference on Conceptual Modeling (ER 2004)*, Shanghai, LNCS 3288, 542-554.

لقد نُشر هذا العمل سابقاً في:

International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics,

Volume 4, Issue 2, pp. 36-56,

تحرير جوزيف تان، حقوق النشر لشركة IGI Publishing.

الفصل العاشر

فهم دور تجربة المستعمل في الرعاية الصحية النقالة

هاري أويناس– كوكونين

جامعة أولو، فنلندا

تيبو ريزينين

جامعة أولو، فنلندا

كاتيا ليفيسكا

جامعة أولو، فنلندا

ماتي سيبينين

جمعية دوديسيم الطبية الفنلندية، فنلندا

ماركو كاليو

جمعية دوديسيم الطبية الفنلندية، فنلندا

ملخص

يهدف هذا الفصل إلى تحقيق فهم أعمق لتجربة المستعمل ضمن إطار الرعاية الصحية النقالة. إنّها تدرس خبرات الأطباء من مستعملي الموبايل مع تعليمات طبية على أساس البيّنات، وقواعد معطيات معلومات الأدوية مع مفهوم التدفق بصفته حاملاً وناقلاً لهذا البحث. جرى جمع المعطيات من بين المستعملين الذين عددهم 352 للتطبيقات الطبية النقالة. كان معدّل الاستجابة 66.5% (n=234). تُبرهن النتائج، أنّ التوجيه والتصفح ضمن النظام، بدلاً من الفائدة وسهولة الاستعمال، بالإضافة إلى الانتباه المركّز والتعلّم

هي ما يقود إلى تجربة إيجابية للمستعمل. هذا يدعم حقيقة أنّ إيجاد أجزاء ذات صلة من المعلومات أمرٌ جوهري في استعمال النظام. توفّر النتائج أيضاً دعماً للادعاء بأن التطبيقات النقالة ليست مفيدة لأمان المريض فقط، ولكنها يمكن أيضاً أن تحسّن المهارات الحاسوبية والمهنية للأطباء أيضاً. لقد لوحظ أن الاستعمال المتكرر للنظام يُحسن المهارات الحاسوبية للطبيب، وشعوره بأنه يتحكّم بالنظام، وإدراكه لسهولة استعمال النظام. وعلاوة على ذلك تقترح نتائجنا أنّ التعلّم يمكن أن يؤدي دوراً أكبر في العمل المعرفي مما هو مُقترح في الغالب.

مقدمة

لقد جرى اقتراح تطبيقات المعلوماتية الطبية (Siau, 2003) بصفتها تُتيح للطبيب النفاذ إلى المعلومات على الرغم من قيود الزمن والمكان. تبدو هذه التطبيقات واعدةً لمساعدة الأطباء السريريين في إدارة الأدبيات الطبية ومعلومات الأدوية، بالإضافة إلى مساعدته في الوصول إلى المعلومات ذات الصلة في نقطة العناية (Ebell et al., 1997). يمكن لهذه التطبيقات أن تُستعمل أيضاً في المساعدة في الممارسة على أساس البيِّنات في إطار العيادة، وفي دعم الحاجات التعليمية للأطباء (Honeybourne et al., 2006). وعلاوة على ذلك، يمكن لمثل هذه التطبيقات أن تخفف من جهة أولى الأخطاء الدوائيّة (Grasso and Genest, 2001; Dallenbach et al. 2007)، وتُحسّن نوعية الرعاية عموماً من طريق تحسين فاعلية اتخاذ القرار الطبي (Sackett and Strauss, 1998; Rothschild et al., 2002).

ولكن تطبيق التقانات الحديثة في إطار الرعاية الصحية يولّد على نحو مستمر تحديات في قطاعات متنوعة من مؤسسة الرعاية الصحية (من جميع مستويات الإدارة إلى الأطباء، والممرضات بالإضافة إلى المرضى أنفسهم). فمثلاً، حتّى ولو بدت الأنظمة النقالة قد ضُمّنت بسلاسة نسبياً في سير عمل الأطباء (Rothschild et al., 2002)، إلّا أنه في جميع الأحوال ليس مضموناً أنّ الأطر الطبية سيستعملون هذه الأنظمة. ولقد

جرى تحديد التجربة الإيجابية للمستعمل بصفتها واحدة من العوامل المفتاحية لتحقيق قبول التقانة (Ghani, 1991).

يبدو أن مُعظم المقالات البحثية التي تدرس أنظمة معلومات الرعاية الصحية النقالة تركز على حاجات محترفي الرعاية الصحية من المعلومات أو/ وعلى القدر الذي يُستعمل فيه نظامٌ بعينه. وهناك القليل من المُساهمات فقط التي تُركّز على كيفية تأثير الاستعمال والمعلومات المرغوبة في العمل الفعلي للطبيب (Fischer et al., 2003). ومؤخراً تعرفت دراسة استعراضية حول أثر التقانات النقالة المحمولة على ممارسات عمل الأطباء في المشافي فقط على 13 مقالاً في هذا الشأن (Prgomet et al., 2009). وعلى أساس استعراض منهجي استنتج (Prgomet) وزملاؤه أنّ التقانات المحمولة تسهّل خمس سيرورات: المعالجة الفورية، والاتصال، ودعم القرار، وأمان المداواة، والنفاذ إلى الوثائق والمعلومات.

يمكن أن تؤثر التطبيقات النقالة في عمل الأطباء من طريق تسهيل استجابة الأطباء للحالات السريرية (Prgomet et al., 2009). فمثلاً، إرسال الصور السريرية لاسلكياً إلى التجهيزات النقالة للطبيب يمكن أن يُقلّل الفترات الفاصلة بين وصول المريض ووصف العلاج له: "الزمن من الباب – إلى – المعالجة " (Adams et al., 2006). وعبر اتصالات مُحسّنة يمكن للتطبيقات النقالة أن توفّر رعاية أفضل للمرضى من طريق السماح للمشافي بتحقيق فهم أفضل لحاجات المرضى ورغباتهم (Siau, 2003). إضافة إلى ذلك، يمكن للاتصالات المحسّنة أن تدعم أولاً التشارك بالمعلومات بين العاملين في المشفى، وثانياً بين وحدات المشفى.

الدراسة التي أجراها روتشيلد (Rothschild et al., 2002) حول مستعملي دليل معلومات الأدوية في الحاسوب الكفّي (Palmtop)، تقترح أنّه يمكن للأنظمة النقالة أن توفر الوقت في استرجاع المعلومات، وتحسين اتخاذ القرار المتعلّق بالأدوية، ويمكن

بسهولة نسبية تضمينها في سير عمل الأطباء. هذا مهم، لأنه يُحسّن تقبّل التقانة ويوفر الوقت.

ولقد وُجِد أيضاً أنّ استعمال التطبيقات النقالة يُقلّل من معدلات أخطاء المُداواة (Grasso and Genest, 2001). فمثلاً، يمكن للنفاذ إلى معلومات الدواء أن يُقلّل أخطاء المداواة إذْ من المستحيل عملياً معرفة جميع التداخلات الدوائية عن ظهر قلب. لذلك، فإن توفير طريقة سهلة للتحقّق من هذه التداخلات لا بُد أن يساعد بالفعل الأطباء في عملهم عند نقطة الرعاية.

يمكن للتجهيزات النقالة المحتوية على أدوات صنع القرار وملخّصات من البيّنات أن تطوّر فهماً أعمق للطب على أساس البيّنات (Honeybourne et al., 2006) وحتّى أن تُقصّر من فترات بقاء المرضى في المشافي (Sintchenko et al., 2005). يناقش رايسينن (Räisänen et al., 2009) أنّ مؤسسات الرعاية الصحية لا تولّد خبرات ومعارف جديدة فقط بل يمكنها أن تُصبح أفضل في عملها من طريق إعادة استعمال المعرفة. وأخيراً، لقد تبين أن التطبيقات النقالة المستعملة لجمع المعطيات واعدة جداً للأغراض البحثيّة (Fischer et al., 2003).

يُركّز هذا الفصل على الاستعمال الفعلي لنظام رعاية صحية نقال، مع التشديد على التجارب المحسوسة للمستعملين. أظهرت الأبحاث السابقة أنّ التجارب الإيجابية للمستعمل تُحسّن منهجيات التعلّم لدى المستعملين (Choi et al., 2007; Ghani and Deshpande, 1994) وغير ذلك من أنماط سلوك المستعملين (Nel et al., 1999). من وُجهَة نظر الأطباء، يمكن أن تعني التجربة الإيجابية للمستعمل، تحسين المهارات المهنية مثلاً عبر تعلّمهم لمهارات جديدة أو أفضل. وفي إطار الرعاية الصحية السريرية، يمكن للمهارات المهنية المُحسّنة أن يكون لها تأثير كبير في نوعية معالجة المرضى.

الفصل منظّم كما يلي: نَصِفُ بدايةً مفهوم تدفق الويب لقياس خبرة المستعمل. وبعدها سنُقدّم طريقة البحث والنظام قيد التحرّي، ونعرض نتائج البحث المفتاحية من

الدراسة الاستقصائية. وأخيراً سنناقش النتائج، ونستخلص استنتاجات، ونبيّن حدود اكتشافاتنا.

الخلفية

يصف سيكسزنتميهالي (Csikszentmihalyi, 1977) في كتابه المتبصّر مفهومَ التدفق "بصفته الشعور المتكامل الذي يشعره الناس عندما يتصرفون بانهماك كلّي". لقد اقتُرِح التدفق لدراسة سلوك الزبائن في سياق التجارة الإلكترونية على أساس الويب (Hoffman and Novak,1997). يصف نوفاك وهوفمان Hoffman وNovak (1996) التدفق بصفته حالة تحدث عند تصفح الويب وهي جوهرياً ممتعة، ومقوّية للذات ومُترافقة مع فقدان للوعي الذاتي، وهما يقترحان أيضاً أنّ تجربة التدفق يمكن أن توجد في نوعي السلوك التجريبي والموجّه نحو هدف.

بصفته مفهوماً قابلاً للقياس، يمكن أن يُستنتج التدفق من سوابقه ونتائجه (Oinas-Kukkonen, 2000). شرط أولي سابق ضروري للمرور بحالة التدفق هو أن تُستشعَر المهارات والتحديات بدرجة متطابقة وفوق عتبة حرجة (Hoffman and Novak, 1996). يمكن أن يصاب المستعملون بالملل إذا كانت مهاراتهم عالية، وكانت التحديات أمامهم منخفضة، أما إذا كانت التحديات مرتفعة، وكانت مهاراتهم منخفضة فيمكن أن يصابوا بالقلق. وإذا كانت كل من التحديات والمهارات منخفضة جداً فيمكن أن يقع المستعملون باللامبالاة.

نحن نعتمد تعريف أويناس – كوكونين (Oinas-Kukkonen, 2000) لنمذجة مفهوم تدفق الويب (مع أنّ هذا المفهوم يسمّى "تدفق الويب"، ولكنه قابل للتطبيق على أنظمة المعلومات النقالة أو غيرها التي تتطلب تصفحاً موسّعاً من المستعمل):

تدفق الويب هو تجربة مستعمل أمثلية تُحسّن توجيه مستعمل النظام واستعماله للتصفح، والعكس بالعكس، ويمكن التنبؤ بها بواسطة توازن بين مهارات المستعمل

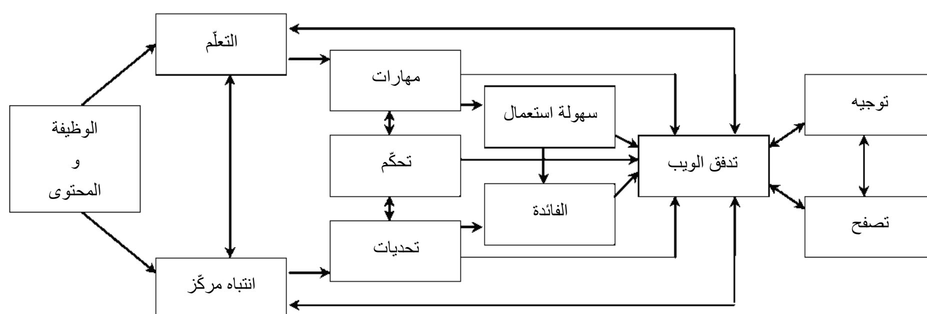
والشعور بأن النظام يثير التحدي على نحو ممتع، وبأنّه كمستعمل يتحكَّم باستعمال النظام، وإدراكه لسهولة استعمال النظام وفائدته. يساعد المحتوى والوظائف التي يقدمها النظام في إبقاء مهارات المستعمل وتحدياته فوق عتبة حرجة عبر الانتباه المركز والتعلّم.

على أساس هذا التعريف (Oinas-Kukkonen, 2000)، يعرض الشكل (1) نموذجاً بحثياً لقياس تدفق الويب.

يمكن لشعور المستعمل بأنه يتحكّم بالنظام المستعمل أن يُسبب تدفق ويب. وعلى نحو أكثر أهمية، يمكن للنقص المحتمل في التحكم أن يعيق الشعور بالتدفق. أن يكون مُتحكماً بالنظام يتيح للمستعمل أن يُركّز على المهمة التي يحملها. إضافة إلى ذلك، قد يكون تحكم المستعمل بقراراته التصفحية محدِّداً للاستجابات النفسية الإيجابية مثل التدفق والأحاسيس (Dailey, 2004).

سهولة الاستعمال هي متغير وسيط بين المهارات والتدفق. في النموذج، يقتضي مستوى عالٍ من المهارة أنّ النظام أسهل استعمالاً، وهذا قد يسبب تدفق ويب. وكلما كان الاستعمال الفعلي للنظام أسهل على المستعمل كان تركيزه أفضل على مهمته الأوليّة. المهمة الأولية معرّفة من نشاط العالَم الحقيقي للمستعمل وهي تضع الأهداف الكلية ومحفزات هذا النشاط على الخط، وتجري في بيئة حاسوبية (Finnegan and Zhang, 2003). في حالة الأطباء ترتبط المهمة الأساسية عموماً برعاية المريض.

الشكل (1). نموذج بحثي لدراسة خبرة التدفق لدى المستعمل (Oianas-Kukkonen, 2000)



الفائدة هي متغير وسيط بين التحديات وتدفق الويب. وهو مدعوم بنموذج قبول للتقانة واسع الاستعمال، يقترح أنّ سهولة الاستعمال والفائدة كما يستشعرهما المستعمل تتنبآن بقبول التقانة (Davis, 1989; Venkatesh and Davis, 2000; Venkatesh et al., 2003). في النموذج تعني التحديات الأعلى أنّ الزبائن واعون لفائدة النظام، وهذا ما يمكن أن يسبب تدفق الويب.

ويمكن أن نجد أيضاً في النموذج المفترض مفهومين وسيطيين هما التعلّم والانتباه المركّز بين الوظيفة والمحتوى من جهة والمهارات والتحديات من جهة أخرى.

التعلم هو متغير وسيط بين المهارات والنظام، لأنه عند استعمال النظام يمكن أن يتعلم المستعملون مهارات جديدة. تُحدّد تجارب التدفق المرتبطة لدى المستعمل مع التفاعلات مع النظام، مخرجات التعلّم في طرق مباشرة وغير مباشرة (Choi et al., 2007).

الانتباه المركز هو متغير وسيط بين التحديات والنظام، لأنه عبر الوظائف والمحتويات المقنعة يمكن أن يزيد تركيز انتباه المستعمل. في الجوهر، يجب أن ينخرط

المستعملون في نشاطاتهم المعرفية بهدف ترشيح الضوضاء المحيطة بنجاح وليكونوا قادرين على التركيز على استعمال النظام (Li and Browne, 2006).

جرى قياس تدفق الويب وسوابقه ونتائجه عبر استبيان على أساس الويب بين مستعملي نظام معلومات نقال للرعاية الصحية بهدف استكشاف أيّ العلاقات السببية المفترضة صحيحة في سياق الأنظمة النقالة. الفرضيات الأساسية المتعلقة بتدفق الويب ممثلة في الجدول (1) (انظر أيضاً الشكل 1).

بالإضافة إلى هذا، وُضع تركيز خاص على كيفية تأثير الأنظمة الجزئية المختلفة في حالة هذا النظام على إدراك تجربة المستعمل. ولمّا كان معظم عمل الطبيب – إذا لم نقل كله – معرفيّاً، فمن المتوقع أن يكون للمفاهيم مثل التعلّم والفائدة تأثير أعمق في تجربة المستعمل من تأثيرها في حالة مجالات أخرى؛ التجارة الإلكترونية مثلاً.

الجدول (1). فرضيات الدراسة.

الفرضيات	الوصف
H1	كلما كان التعلّم المُستشعَر أكبر كان تدفق الويب أكبر
H2	كلما كان الانتباه المركّز المُستشعَر أكبر كان تدفق الويب أكبر
H3	كلما كانت مهارات المستعمل المُستشعَرة أكبر كان تدفق الويب أكبر
H4	كلما كان الشعور بالتحكم المُستشعَر أكبر كان تدفق الويب أكبر
H5	كلما كانت التحديات المُستشعَرة أكبر كان تدفق الويب أكبر
H6	كلما كانت سهولة استعمال النظام المُستشعَرة أكبر كان تدفق الويب أكبر
H7	كلما كانت الفائدة المُستشعَرة من النظام أكبر كان تدفق الويب أكبر
H8	كلما كان التوجيه المُستشعَر أكبر كان تدفق الويب أكبر
H9	كلما كان التصفح المُستشعَر أكبر كان تدفق الويب أكبر

الطرائق

لدراسة تجارب الأطباء بصفتهم مستعملين، قارينا نشرات (Duodecim Publications Ltd.) وهي جمعية علمية تضم بين أعضائها نحو 90% (أكثر من 18,000) من الأطباء وطلاب الطب في فنلندا. لقد طورت ديوديسيم (Duodecim) كلاً من أنظمة معلومات ويب وحلولٍ نقّالة لمساعدة الأطباء في عملهم. لقد اختير نظام معلومات رعاية صحية نقال، يحتوي على مجموعة من المعلومات الطبية وقواعد معطيات المعرفة، بصفته النظام المدروس في هذا العمل. ويُركّز النظام على دور التعليمات الطبية على أساس البيِّنات (EBMG) (Evidence-Based Medical Guidelines)، التي هي مجموعة من التعليمات السريريّة، للعناية الأوليّة مع أفضل بيِّنة متوافرة. تضم المجموعة تعليمات الرعاية الأوّلية (تشخيص ومعالجة)، ملخص البيِّنات التي تدعم التوصيات، صور جميع الإصابات الجلدية الشائعة والعديد من النادرة منها، وتخطيطات كهربائية للقلب وصور لإصابات عينية بالإضافة إلى ملخصات مكتبة كوكران (Cochrane)، التي هي مجموعة من قواعد المعطيات في الطب وغيره من اختصاصات الرعاية الصحية.

يحتوي النظام أيضاً على قاعدة المعطيات الصيدلانية (Pharmaca Fennica)، وهي قاعدة معطيات دوائية تفاعلية لصنع القرار المتعلق بالدواء، ودليل رماز التشخيص العالمي ICD-10، وهو دليل رعاية دقيق، ومُعجم طبي، وقاعدة معطيات شاملة للعناوين المرتبطة بالرعاية الصحية ومعلومات التواصل في فنلندا. يبين الجدول (2) الأنظمة الجزئية. يُستعمل النظام نموذجياً بواسطة هواتف نقالة متقدمة، وهو يُسلم للمستعملين على بطاقة ذاكرة تتضمن مُحرك بحث، وواجهة تخاطب برمجية، ونوى قواعد المعطيات. لقد أظهرت بعض الدراسات السابقة لهذا النظام (Han et al., 2004a; Han et al., 2005) أنّ للأطباء تصوراً إيجابياً عنه وأنّهم ينوون استعماله، وأنّ المحتويات الأكثر طلباً هي (EBMG) و (ICD-10) و(Pharnaca Fennica).

الجدول (2). نظام معلومات الرعاية الصحية النقال دوديسيم.

قاعدة معطيات دوديسيم	الوظيفة
التعليمات الطبية على أساس البينات	البحث في التعليمات على أساس البينات بما يشمل المراجع في الأدبيات والملخصات من مكتبة كوكران
Pharmaca Finica.	قوائم الأدوية، وتعليمات الجرعات للبالغين والأطفال، والأعراض الجانبية الشائعة
ICD-10	التصنيف الإحصائي العالمي للأمراض والمشاكل الصحية المرتبطة، والرمازات لتصنيف الأمراض وتنوع واسع للإشارات والأعراض
دليل الرعاية الحرجة	العوامل الممرضة، الأسباب، الأعراض، والتشخيص التفاضلي
قاعدة معطيات التداخلات الدوائية	آثار التداخلات المحتملة بين الأدوية المُختارة
قاعدة معطيات صور طبية	وصف الأعراض، صور
معلومات التواصل	البحث عن معلومات التواصل مع الصيدليات، المشافي والمراكز الصحية

جرى جمع المعطيات لدراستنا عبر الإنترنت خلال فترة أسبوعين من 23 كانون الثاني/ يناير وحتى 7 شباط/ فبراير، 2007. ولقد اتصلنا بكلٍّ من مستعملي النظام النقال الذين عددهم 352 بواسطة بريد إلكتروني يحتوي على رابط إلى استبيان عبر الإنترنت.

كان جميع المستعملين أطباء يمتلكون هواتف نقالة ذكية وكان البرنامج مُنصَّباً فيها (مُقدّم من شركة طبية عالمية كبيرة). وقد حَوَى الاستبيان واحداً وعشرين سؤالاً يجب الإجابة عن كل منها على سلّم Likert من خمس نقاط: من "غير موافق أبداً" إلى "موافق تماماً" مع خيار "لا أعرف" في الوسط (انظر الملحق 1). جرى اختيار هذا السُلّم لأنّه مألوف لمستعملي النظام إذْ جرى استعماله في دراسات سابقة عن النظام (Han et al., 2004b; Han et al., 2006). مُعدّل الاستجابة كان 66.5% (n=234). ولقد جرى إلغاء استجابتين من المجموعة لأنّ الإجابات كشفت أن الشخصين المجيبين لم يستعملا فعلاً النظام. وعليه، تكونت المجموعة النهائية من 232 استجابة.

أجريت اختبارات T لعينات مستقلة (Independent Samples) T-Tests باستعمال برمجية SPSS لتحديد مدى تأثير استعمال الأنظمة الجزئية المختلفة في تجربة المستعمل. فمثلاً، جرت دراسة في ما إذا تعلّم مستعملو النظام الجزئي الخاص بالتداخل الدوائي على نحو أفضل أو أكثر من أولئك الذين لم يستعملوه وأجريت أيضاً اختبارات كاي- تربيع.

نظراً إلى أننا جمعنا النتائج من مستعملي نظام واحد فقط، لم نتمكن من مُقارنة استعمال النظام مع أنظمة أخرى مُشابهة وقد حدَّ هذا من دراستنا. وكذلك، بعض الأنظمة الجزئية استُعْمِلت من جميع المشاركين تقريباً، وهذا ما يجعل مقارنة المستعملين مع غير المستعملين غير ممكن. لم يجر تنصيب قاعدة معطيات الصور للاستعمال من قبل جميع المشاركين، وهذا ما حدَّ من نتائجنا المتعلقة بهذا النظام الجزئي.

النتائج

نحو ثلاثة من كلّ خمسة مستجيبين (62.3%,*n*=144) كانوا ذكوراً و 37.2%(*n*=86) كانوا إناثاً. ونحو ثلاثة من كلّ خمسة مستجيبين (61.9%,*n*=143) كانوا مختصين وكان 27.3%(*n*=63) أطباء عامّين، وكان 10.4%(*n*=24) باحثين أو عاملين في وظائف إدارية. وكان لأكثر من نصف المستجيبين (55.8%, *n*=129) خبرة تزيد عن 20 سنة من

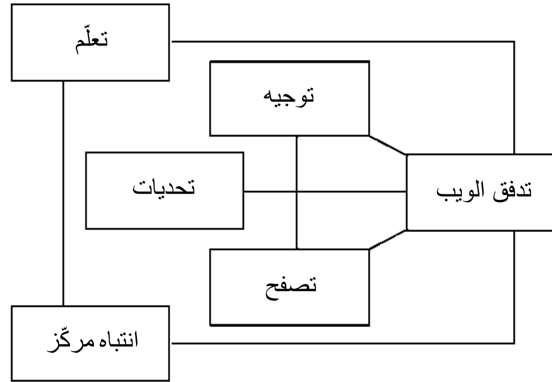
العمل كأطباء، في حين كان لنسبة 32.0%(n=74) خبرة تفوق العشر سنين، وفقط 12.1%(n=28) كان لهم خبرة أقل من ذلك. أكثرية الأطباء يعملون يومياً مع المرضى (80.5%, n=186)، ومع الممرضات (86.6%, n=200)، ومع أطباء آخرين (85.3%, n=197).

نحو نصف الأطباء استعملوا نظام المعلومات يومياً (45.9%, n=106)، ونسبة 37.7%(n=87) عدّة مرات يومياً، و11.7%(n=27) مرّة يومياً، و3.9%(n=9) مرّة شهرياً، وفقط اثنان استعملاه أقل من مرة واحدة شهرياً. الجزءان الأكثر استعمالاً كانا نظام معلومات الأدوية Pharmaca Fennica و EBMG. أمّا الجزءان الأقل استعمالاً فكانا قاعدة معطيات الصور الطبية ودليل الرعاية الحرجة. لقد كان الجزءان الأكثر والأقل استعمالاً من النظام هما نفسهما المذكوران في دراسات سابقة (Han et al., 2004a). لقد كانت قاعدة معطيات الصور الطبية حديثة التنصيب في النظام ولم يكن لجميع الأطباء إمكانية النفاذ إليها. ولقد قدّرت الجمعية الطبية أنّ هذه الإمكانية كانت متاحةً لنصف عدد الأطباء تقريباً. إلى جانب استعمال التطبيق النقال، كان 27.7%(n=64) من الأطباء يقرؤون بريدهم الإلكتروني عبر تجهيزاتهم النقالة، وكان 36.4%(n=84) يستعملونها في خدمات إنترنت أخرى.

يعرض الشكل (2) الشروط اللازمة التي وُجد أنها تتنبأ بتدفق الويب. وهي التصفح (H9، معامل ارتباط بيرسون $r=0.653$، $p<0.001$)، والتعلم (H1، $r=0.417$، $p<0.001$)، والانتباه المركز (H2، $r=0.392$، $p<0.001$)، والتحديات (H5، $r=0.382$، $p<0.001$)، والتوجيه (H8، $r=0.365$، $p<0.001$). لقد نُشرت اكتشافات مُشابهة في أبحاث سابقة عن تدفق الويب (Oinas-Kukkonen, 1999). وما يثير الاهتمام، هو ارتباط متغيّرَي التعلّم والانتباه المُركّز ($r=0.490$، $p<0.001$)، بالإضافة إلى ارتباط متغيّري التوجيه والتصفح ($r=0.452$، $p<0.001$)، في حين لم ترتبط التحديات المُستشعَرة مع الشروط اللازمة الأخرى.

جرى تحرّي استعمال النظم الجزئية المختلفة، وكيف جرى اختبارها من الأطباء عبر مُقارنة المستعملين وغير المستعملين بواسطة اختبارات T لعينات مستقلة. يكوّن EBMG الجزء المركزي من التطبيق النقال، بسبب استعماله من مُعظم الأطباء (فقط نسبة 12.5% من الأطباء لم يستعملوه، n=27). حسّن استعمال EBMG من إدراك الانتباه المُركّز (F=2.064، p<0.001)، والتعلّم (F=2.767، p<0.001)، وتدفق الويب (F=2.004، p<0.007)، وإلى حدٍّ ما المهارات (F=0.144، p<0.019)، والتصفح (F=5.266 ، p<0.042). انظر ملخص اختبارات T في الجدول (3)، الذي فيه يشير ** إلى مستوى ثقة أقل من 0.01، في حين يشير * إلى مستوى ثقة أقل من 0.05. لم تسمح لنا مجموعة المعطيات من مُقارنة المستعملين وغير المستعملين لمعلومات الأدوية من Pharmaca Fennica، لأنّ ثمانية أطباء فقط لم يستعملوه.

الشكل (2). الشروط اللازمة المُكتشفة لتحقيق تجربة إيجابية للمستعمل.



يؤدي ICD-10 دوراً جوهرياً في إطار بيروقراطية المشفى لأنّ رمازاته تُستعمل في أطر عديدة مختلفة، ولكنها تُستعمل أيضاً في دعم التشخيص وصنع القرار. شعر مستعملو تصنيف ICD-10 (n=131, 56%) بتحسّن في التصفح (p=0.012، F=2.778)،

وفي الشعور بأنهم مُتحكّمون (p=0.023، F=1.357)، وفي المهارات (p=0.029، F=0.064).

وفي الحالات الطبية الحادّة، يجب الحصول بسرعة على معرفة جديدة في نقطة العناية, وقد لا يكون للأطباء الوقت الكافي لاستشارة زملائهم أو البحث عن المعلومات في الكتب الطبية. كان استعمال دليل العناية الحرجة (n=91, 39.2%) وقد أدى إلى تحسّن في التعلم (p<0.001، F=4.779)، وفي الفائدة (p=0.005، F=19.187), أما التوجيه فقد تحسّن تحسّناً جزئياً (p=0.018، F=2.094).

كان استعمال دليل التداخلات الدوائية (n=124, 53.4%) وقد أدى إلى تحسّن تدفق الوب (p<0.001، F=6.493)، والتعلم (p=0.003، F=1.433)، وإلى حدّ ما التصفح (p=0.029، F=2.407) والفائدة (p=0.047، F=6.417).

استُشعِر أنّ استعمال دليل الصور الطبية (n=46, 19.8%) سهل نسبياً (p=0.015، F=3.131)، وعلى الأقلّ حسّن إلى حدّ ما المهارات (p=0.046، F=6.495)، والتعلّم (p=0.050، F=1.125). قد يكون تحسّن التعلم ناتجاً من حقيقة أنّه يمكن تشخيص العديد من الأمراض من طريق مُقارنة الملاحظات المرئية والأعراض مع صورة بيانية أو غيرها من العروض المرئية. ولقد حسّن استعمال نظام معلومات التواصل (73.4%، n=171) إدراك الأطباء لمهارات استعمال خدمات التجهيزات النقالة تحسيناً ضئيلاً (p=0.046، F=6.495).

الجدول (3). قواعد المعطيات المختلفة وتأثيرها على تجربة المستعمل

الشروط اللازمة وتدفق الويب	**التعلّم**	**الانتباه المركز**	**المهارات**	**التحديات**	**التحكم**	**سهولة الاستعمال**	**الفائدة**	**التوجيه**	**التصفح**	**تدفق الويب**
التعليمات الطبية على أساس البينات	**	**	*						*	**
المعلومات الدوائية										
تصنيف ICD-10			*		*				*	
دليل الرعاية الحرجة	**						**	*		
التداخلات الدوائية	**						*		*	**
الصور الطبية	*		*			*				
معلومات التواصل			**	*						

طبيعياً، شعر الأطباء الأقل خبرة على نحو أكثر تكراراً أنّ النظام كان يساعدهم في تعلّم أشياء جديدة (χ^2 =15.445،p<0.001) ، وإلى حدٍّ ما وجدوا أنّه اكثر إفادةً مما وجده الأطباء الأكثر خبرة (χ^2 =7.459،p=0.024) . الجدول (4).

وبوجه مثير للاهتمام، كانت هناك اختلافات طفيفة في الكيفية التي استُشعِرت بها برمجية التطبيق بين الأطباء العامّين والأطباء الاختصاصيين، وقد بدا أنّ الأطباء العامين يتعلمون منه أكثر مما يفعل الأطباء الاختصاصيّون (p=0.047، F=8.916). يعترف الجميع أنّ مجال خبرة الطبيب الاختصاصي مركّز أكثر، فيما على الطبيب العام أن يعالج مرضى لديهم تنوّع أوسع من الأعراض. هذا ما يمكن أن يفسّر أيضاً لماذا يستشعر الأطباء العامّون أنّ النظام أكثر فائدة (p=0.038، F=17.238).

يبدو أيضاً أنّه كان لتكرار الاستعمال أثر في الكيفية التي استُشعر بها النظام. شعر أولئك الذين استعملوا النظام يومياً أنهم يتحكّمون باستعمال النظام (p=0.001، F=0.698)، وأحسّوا أنّه سهل التعلُّم (p=0.001، F=0.641)، وأنّ النظام مفيد (p=0.003، F=20.339)، وأحسّوا أنفسهم موجّهين على نحو جيد في استعمال النظام (p=0.007، F=0.435). ويومياً استشعر المستعملون أنّ مهارتهم الشخصية تتحسّن (p=0.011، F=2.996)، وتدفق ويب أعلى (p=0.014، F=1.225). ولقد وجدوا أيضاً أنّ النظام أسهل استعمالاً (p=0.023، F=0.082)، واستشعروا سهولةَ التصفح على نحو أفضل (p=0.033، F=0.404) من أولئك الذي استعملوا النظام على نحو أقل تكراراً.

الجدول (4). تأثير الخبرة على التعلّم والفائدة المُستَشْعَرة

الخبرة	التعلّم ($\chi^2 = 15,445, p = 0.001$)	الفائدة ($\chi^2 = 7,459, p = 0.024$)
تحت 10 سنوات (n=28)	%81.5	92.9%
10-20 سنة (n=74)	58.1%	86.3%
أكثرمن 20 سنة (n=129)	42.2%	74.2%

المناقشة

تدعم النتائج الادعاء الذي قدمه هانيبورن (Honeybourne et al., 2006) وهو أنّ التطبيقات النقالة ليست مفيدة فقط لأمان المريض ولكنها أيضاً تُحسّن المهارات المهنية للأطباء أيضاً. يُحسّن استعمال النظام المهارات الحاسوبية للأطباء بالإضافة إلى شعورهم بالتحكم باستعمال النظام وسهولة الاستعمال المُستَشعَرَة. يمكن لهذه أن تُساعد، على الأقل إلى حدٍّ ما، في التصفح والتوجيه وهذا ما يجعل من الأسهل إيجاد المعلومات والمعرفة

ذات الصلة، ويسمح هذا أيضاً للأطباء أن يركّزوا على المهمة الأساسيّة تحت أيديهم بدلاً من بذل الكثير من الجهد والوقت على النظام النقال بحد ذاته.

للتوجيه المتوازن والتصفح أثناء استعمال النظام والشعور بالتحدي أثر مباشر في تدفق الويب، أي الحصول على تجربة أمثليّة للمستعمل. وما كان مُفاجئاً هو أننا لم نجد لسهولة الاستعمال والفائدة تأثير مباشر في تجربة المستعمل. وعلاوةً على ذلك، لقد ارتبط التعلّم بقوّة بتدفق الويب. العمل المعرفي للأطباء هو بشكل رئيسي إدراكي مرتبط بمجالات مثل التشخيص واتخاذ القرار بشأن العلاج والمداواة. يستعمل الأطباء أنظمة معلومات مختلفة متعددة لأداء هذه المهام وهم يبحثون عن دعم وبيِّنات في مُحاكماتهم المنطقية. سهولة الاستعمال بحد ذاتها ليست فضيلة، فالأهم منها هي أن تكون المعلومات التي يُزوَّدون بها مُفيدة. وعليه، تتعلّق التجربة المثلى للمستعمل من قرب بتلك المعلومات التي تُساعد الطبيب فعلياً في أداء عمله على نحو أفضل، فيصبح إيجاد الأجزاء ذات الصلة من المعلومات أمراً جوهرياً.

إنّ استعمال التعليمات الطبية على أساس البيّنات وأدلّة التداخل الدوائي يزيدان إدراك كلٍّ من تدفق الويب والتعلّم. لقد استُشعر أنّ دليلَ الرعاية الحرجة مُفيدٌ جداً، ولقد حسّن استعماله التعلّم، ومن الممكن تعليل ذلك بالدور الحساس الذي يؤديه في الحالات الطارئة. ويمكن للمعرفة التي يقدمها أن تنقذ الحياة في بعض الأحيان. ومع أنّ هذا الدليل حسن التعلّم ولكنه لم يؤثّر بتدفق الويب. ربما كانت طبيعة الحالات الطبية الحادة مختلفة عن الحالات حيث تبرز الحاجة لتعليمات على أساس البيِّنات أو عن التداخل الدوائي. حتّى ولو كان الأطباء يتعلمون بعمق أكثر ما يجب فعله في حالات طوارئ محددة، ولكنهم لا يجدون بالضرورة الوقت اللازم للتفكير بأفعالهم في هذه الحالة. وعليه، قد لا تكون تجربة المستعمل في الحالات الحادة دوماً ممتعة كما هي حالهم في إطار أكثر سلاماً.

لقد أظهرت أبحاث سابقة أنّ التعلّم نتيجة من التدفق، أي إنّ الأشخاص الذين يستشعرون التدفق يملكون مُخرجات تعلّم أفضل من الأشخاص الذين لا يستشعرون هذا

التدفق (Hoffman and Novak, 1996; Choi et al., 2007). تُظهر اكتشافات هذا البحث أن التفاعل بين تدفق الويب والتعلّم هو أساسي حقاً في سياق العمل المعرفي. عندما يتعلّم عامل معرفي يستشعر تدفق ويب، وعندما يستشعر تدفق الويب يتعلّم. يبدو أنّ لتدفق الويب دوراً ثنائياً بصفته نتيجة وشرطاً لازماً.

ترتبط اكتشافات هذا البحث من قُرب بطبيعة تجربة التدفق، التي تُصبح أسهل بالعلاقات التفاعلية بين مميزات المستعمل المنفردة (مثل حالته الذهنية)، ومميزات التجهيزة (نظام الرعاية الصحية النقال في حالتنا)، ومميزات المهمة الأولية (النشاط الذي تساعد فيه التجهيزة أي رعاية المرضى) (Finneran and Zhang, 2003). هذا يقتضي أيضاً أنّه ضمن إطار سياق العمل المعرفي يمكن للتعلّم أن يؤدي دوراً لتوليد تجربة كلية إيجابية للمستعمل أكبر مما كان مقترحاً سابقاً. ومع أنّ التعلّم يحدث بين المستعملين ولكنه مرتبط أيضاً بالنظام (الذي يجب أن يقدم معلومات ذات صلة) وبالمهمة (يتعلم المستعملون مهارات ومعلومات مرتبطة بالمهمة).

يبدو أنّ هذا الاكتشاف يقتضي أنّ النماذج السببية التقليدية للتدفق لا تلتقط الطبيعة الديناميكية للظاهرة التقاطاً جيداً، فمُعظم نماذج التدفق الحالية تنظر إلى التدفق بصفته حالة تحدث عندما تتحقق بعض الشروط، ولقد أثبت بيرس وهوارد (Pearce and Howard, 2004) أن التدفق يمكن أن يتغير بسرعة أثناء تفاعل المستعمل مع الحاسوب، وذلك في تناقض مع ذلك. يمكن بالفعل لطبيب استعمل على نحو مستمر النظام ولفترة من الزمن أن يبتعد ببطء عن التدفق إذا لم يكن لديه بعض المحفزات الإضافية لإبقائه فيه. وهنا تقترح اكتشافاتنا أنّ التعلّم المستمر يمكن أن يكوّن هذا النوع من المحفزات.

النتيجة

يوفر هذا الفصل بعض المعلومات العملية حول استعمال الأطباء لتطبيقات برمجية نقالة. إنّه يقدم دراسة حول تجارب مستعملي التجهيزات النقالة مع التعليمات الطبية على أساس البيِّنات وقواعد المعطيات الدوائية عبر مفهوم التدفق. تبرهن النتائج أن التوجيه والتصفح

ضمن النظام، أكثر منه الفائدة وسهولة الاستعمال، إلى جانب التحديات المُستشعَرة والانتباه المركّز والتعلّم عند استعماله هي ما تقود إلى تجارب إيجابية للمستعمل. يدعم هذا حقيقة أن إيجاد أجزاء ذات صلة من المعلومات هو أمرٌ أساسي في استعمال النظام. توفّر النتائج أيضاً دعماً للادعاء أنّ التطبيقات النقالة ليست مفيدة لأمان المرضى فقط ولكن أيضاً لتحسين المهارات المهنية والحاسوبية للأطباء.

ولقد لوحظ أن الاستعمال المتكرر للنظام يُحسّن المهارات الحاسوبية للأطباء، وشعورهم بأنهم يتحكمون بالنظام، واستشعارهم لسهولة استعمال النظام. وفوق ذلك، تقترح النتائج أن المعرفة المُقدّمة من التعليمات الطبية على أساس البيِّنات وقواعد المعطيات الدوائية تُساعد الأطباء على تعلّم أشياء جديدة. وبعبارات أكثر عموميّة، تقترح اكتشافاتنا أنّ التعلم يمكن أن يؤدي دوراً أكبر في عمل المعرفة مما هو مُعتقد في الغالب. ومُستقبلاً، يجب إلقاء ضوء أكبر على العلاقة بين التعلّم والتجربة الإيجابية للمستعمل. وستكون المُقاربات الطوليّة مرغوبة.

نقاط القصور

من المهم، قبل اختتام هذه الدراسة، أن ننبّه القراء إلى بعض نقاط القصور فيها. بسبب حقيقة أن المعطيات قد جُمعت من مستعملي هذا النظام الوحيد فقط لم نتمكن من مُقارنة استعمال النظام مع أنظمة مُشابهة أخرى، وهذا ما يمثل قصوراً في دراستنا. ومع ذلك، فقد كان ممكناً تحرّي الأنظمة الجزئية المختلفة. ولكن في الحالة التي استُعملت الأنظمة الجزئية فيها من مُعظم المشاركين، كان مقارنة المستعملين مع غير المستعملين لهذه الأنظمة الجزئية محدودةً جداً. ومن ناحية أخرى، نظراً إلى كون قاعدة معطيات الصور لم تكن قد نُصِّبت لجميع المشاركين، فقد أدى هذا إلى قصور النتائج المتعلقة بهذا النظام الجزئي.

آخذين كل هذا بالاعتبار، كان بحثنا سيكون أكثر غنى، لو وجِد تنوع أكبر في الخبرة المهنية للمشاركين ففي هذه الدراسة، كان مُعظم الأطباء خبراء نسبياً، وقد كان من الممكن أن يكون لأطباء أقل خبرة أو أكثر شباباً أنماط استعمال مختلفة للأنظمة النقالة.

شكر

نرغب بتقديم الشكر إلى الأكاديمية الفنلندية ووكالة التمويل الفنلندية للتقانة والابتكار، لتمويلهما الجزئي لهذا البحث. ولقد نُشرت نسخة أوّلية من هذا الفصل في:

Oinas-Kukkonen H., Räisänen T., Leiviskä K., Seppänen M. and Kallio M. (2009). Physicians' User Experiences of Mobile Pharmacopoeiasand Evidence-Based Medical Guidelines. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, Vol. 4, No. 2, pp. 57-68, April-June 2009.

المراجع

Adams, G. L., Campbell, P. T., and Adams, J. M. (2006). Effectiveness of prehospital wireless transmission of electrocardiograms to a cardiologist via hand-held device for patients with acute myocardial infarction (from the timely intervention in myocardial emergency, northeast experience). *The American Journal of Cardiology*, 98(9), 1160–1164. doi:10.1016/j.amjcard.2006.05.042

Choi, D. H., Kim, J., and Kim, S. H. (2007). ERP training with a Web-based electronic learning system: The flow theory perspective. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65, 223–243. doi:10.1016/j.ijhcs.2006.10.002

Csikszentmihalyi, M. (1977). *Beyond boredom and anxiety*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Dailey, L. (2004). Navigational Web atmospherics: Explaining the influence of restrictive navigation cues. *Journal of Business Research*, 57(7), 795–803. doi:10.1016/S0148-2963(02)00364-8

Dallenbach, M. F., Bovier, P. A., and Desmeules, J. (2007). Detecting drug interactions using personal digital assistants in an out-patient clinic. *QJM International Journal of Medicine*, 100(11), 691–697. doi:10.1093/qjmed/hcm088

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *Management Information Systems Quarterly*, 13, 319–340. doi:10.2307/249008

Ebell, M. H., Gaspar, D. L., and Khurana, S. (1997). Family physicians, preference for computerized decision-support hardware and software. *The Journal of Family Practice*, 45(2), 127–128.

Finneran, C. M., and Zhang, P. (2003). A personartifact-task (PAT) model of flow antecedents in computer-mediated environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59, 475–496. doi:10.1016/S1071-5819(03)00112-5

Fischer, S., Stewart, T., Mehta, S., Wax, R., and Lapinsky, S. E. (2003). Handheld computing in medicine. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 10(2), 139–149. doi:10.1197/jamia.M1180

Ghani, J. (1991). Flow in human computer interactions: Test of a model . In Carey, J. (Ed.), *Human factors in Information Systems: Emerging theoretical bases*. New Jersey: Ablex Publishing Corp.

Ghani, J. A., and Deshpande, S. P. (1994). Task characteristics and the experience of optimal flow in human–computer interaction. *The Journal of Psychology*, 128(4), 381–391. doi:10.1080/00223980.1994.9712742

Grasso, B., and Genest, R. (2001). Clinical computing: Use of a personal digital assistant in reducing medication error rates. *Psychiatric Services* (Washington, D.C.), 52(7), 883–886. doi:10.1176/appi.ps.52.7.883

Han, S., Harkke, V., Mustonen, P., Seppänen, M., and Kallio, M. (2004a). Mobilizing medical information and knowledge: some insights from a survey. In *Proceedings of the 12th European Conference on Information Systems (ECIS)*, Turku, Finland.

Han, S., Harkke, V., Mustonen, P., Seppänen, M., and Kallio, M. (2005). Understanding physician acceptance of mobile technology: Insights from two telephone interviews in Finland. *International Journal of Electronic Healthcare*, 1(4), 380–395. doi:10.1504/IJEH.2005.006686

Han, S., Mustonen, P., Seppänen, M., and Kallio, M. (2004b). Physicians, behaviour intentions regarding the use of mobile technology: An exploratory study. *Proceedings of the 8th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS)*, Shanghai, China, (pp. 624-637).

Han, S., Mustonen, P., Seppänen, M., and Kallio, M. (2006). Physician's acceptance of mobile communication technology: An exploratory study. *International Journal of Mobile Communications*, 4(2), 210–230.

Hoffman, D., and Novak, T. (1996). Marketing in hypermedia computer-mediated environments: Conceptual foundations. *Journal of Marketing*, 60, 50–68. doi:10.2307/1251841

Hoffman, D., and Novak, T. (1997). A new marketing paradigm for electronic commerce. *The Information Society*, 13, 43–54. doi:10.1080/01972249 7129278

Honeybourne, C., Suttont, S., and Ward, L. (2006). Knowledge in the palm of your hands: PDAs in the clinical setting. *Health Information and Libraries Journal*, 23, 51–59. doi:10.1111/j.1471-1842.2006.00621.x

Li, D., and Browne, G. J. (2006). The role of need for cognition and mood in online flow experience. [Stillwater.]. *Journal of Computer Information Systems*, 46(3), 11–17.

Nel, D., van Niekerk, R., Berthon, J.-P., and Davies, T. (1999). Going with the flow: Web sites and customer involvement. *Internet Research: Electronic Networking Applications and Policy*, 9(2), 109–116. doi:10.1108/1066224991 0264873

Oinas-Kukkonen, H. (1999). *Mobile electronic commerce through the Web*. Second International Conference on Telecommunications and Electronic Commerce (ICTEC, 99), (pp. 69-74). Nashville, USA, October 6-8, 1999.

Oinas-Kukkonen, H. (2000). Balancing the vendor and consumer requirements for electronic shopping systems. *Information Technology Management*, 1, 73–84. doi:10.1023/A:1019156504846

Pearce, J. M., and Howard, S. (2004). Designing for flow in a complex activity. In *Proceeding of the 6th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction, APCHI 2004*, Rotorua, New Zealand.

Prgomet, M., Georgiou, A., and Westbrook, J. I. (2009). The impact of mobile handheld technology on hospital physicians' work practices and patient care: A systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 16(6), 792–801. doi:10.1197/jamia.M3215

Räisänen, T., Oinas-Kukkonen, H., Leiviskä, K., Seppänen, M., and Kallio, M. (2009). Managing mobile healthcare knowledge: Physicians' perceptions on knowledge creation and reuse . In Olla, P., and Tan, J. (Eds.), *Mobile health solutions for biomedical applications* (pp. 111–127). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-60566-332-6.ch006

Rothschild, J. M., Lee, T. H., Bae, T., and Bates, D. W. (2002). Clinician use of a palmtop drug reference guide. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 9(3), 223–229. doi:10.1197/jamia.M1001

Sackett, D. L., Rosenberg, W. M. C., Gray, J. A. M., Haynes, B., and Richardson, W. S. (1996). Evidence based medicine: What it is and what it isn' t. *British Medical Journal*, 312(13), 71–72.

Sackett, D. L., and Strauss, S. E. (1998). Finding and applying evidence during clinical rounds: The "evidence cart". *Journal of the American Medical Association*, 280(15), 1336–1338. doi:10.1001/jama.280.15.1336

Siau, K. (2003). Healthcare informatics. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 7(1), 1–6. doi:10.1109/TITB.2002.805449

Sintchenko, V., Iredell, J., Gilbert, G., and Coiera, E. (2005). Handheld computer-based decision support reduces patient length of stay and antibiotic prescribing in critical care. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 12(4), 398–402. doi:10.1197/jamia.M1798

Venkatesh, V., and Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204. doi:10.1287/mnsc.46.2.186.11926

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D. (2003). User acceptance of Information Technology: Toward a unified view. *Management Information Systems Quarterly*, 27(3), 425–478.

الملحق 1

معطيات شخصية	
1. الجنس	ذكر/ أنثى
2. الخبرة	أقل من سنة/ 1-5 سنوات/ 5-10 سنوات/ 10-20 سنوات/ أكثر من 20 سنة
3. العمل	طبيب عام/ مختص/ باحث/ منصب إداري
4. أستعمل قواعد المعطيات النقالة	يومياً/ عدة مرات أسبوعياً/ مرة أسبوعياً/ مرة شهرياً/ أقل من ذلك
5. أستعمل الأجزاء التالية من النظام	تعليمات EBM/ Pharmaca/ ICD-10/Fennica/ دليل الرعاية الحرجة/ التداخلات الدوائية/ قاعدة معطيات الصور/ معلومات التواصل
6. أعمل مع إدارة المشفى	يومياً/ عدة مرات أسبوعياً/مرة أسبوعياً/ مرة شهرياً/ أقل من مرة شهرياً/ أبداً
7. أعمل مع أطباء	يومياً/ عدة مرات أسبوعياً/ مرة أسبوعياً/ مرة شهرياً/ أقل من مرة شهرياً/ أبداً
8. أعمل مع ممرضات	يومياً/ عدة مرات أسبوعياً/ مرة أسبوعياً/ مرة شهرياً/ أقل من مرة شهرياً/ أبداً
9. أعمل مع مرضى	يومياً/ عدة مرات أسبوعياً/ مرة أسبوعياً/ مرة شهرياً/ أقل من مرة شهرياً/ أبداً
قواعد المعطيات الطبية	
أجب عما يلي باستعمال المعايير التالية: 1= غير موافق أبداً 2= غير موافق جزئياً 3= لا أعرف 4= موافق جزئياً 5= موافق تماماً	

10. هذه الخدمة النقالة تجعلني أتعلم أشياء جديدة	1 2 3 4 5
11. أشعر أنني مركّز تماماً، عند استعمال الخدمات النقالة	1 2 3 4 5
12. أنا ماهر باستعمال الخدمات النقالة	1 2 3 4 5
13. تمثل هذه الخدمة النقالة تحدياً ممتعاً	1 2 3 4 5
14. غالباً ما أشعر بالريبة عند استعمال هذه الخدمة النقالة	1 2 3 4 5
15. أشعر أن هذه الخدمة النقالة سهلة الاستعمال	1 2 3 4 5
16. برأيي، هذه خدمة نقالة جيّدة التصميم	1 2 3 4 5
17. برأيي، من أسهل استشعار المعلومات المحتواة في هذه الخدمة وبنيتها	1 2 3 4 5
18. من الممتع تصفح هذه الخدمة	1 2 3 4 5
19. استعمال الخدمة النقالة هذه ممتع	1 2 3 4 5
استعمال الإنترنت على الهاتف النقال	
20. هل تقرأ بريدك الإلكتروني باستعمال الهاتف النقال؟	نعم/ لا
21. هل تستعمل هاتفك النقال في خدمات إنترنت أخرى؟	نعم/ لا

الفصل الحادي عشر

مميزات الطبيب المرتبطة بالتبني المُبكر للسجلات الطبية الإلكترونية في العيادات الصغيرة

ليام أونيل

جامعة شمال تكساس، الولايات المتحدة الأميركية

جيفري تالبرت

جامعة كنتاكي، الولايات المتحدة الأميركية

وليام كليباك

طب الأطفال في درايدن، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

لدراسة مميزات الطبيب وأنماط العيادات المرتبطة بتبني السجلات الطبية الإلكترونية (EMRs) في العيادات الصغيرة، جرى مسح لأطباء الرعاية الأولية في كنتاكي بشأن استعمالهم للسجلات الطبية الإلكترونية. سُئل المستجيبون إذا طبّقت عياداتهم السجلات الطبية الإلكترونية تطبيقاً كاملاً، أو جزئياً أو لم تطبقه على الإطلاق. من بين 482 طبيباً جرى مسحهم، كانت نسبة تبني EMRs نحو 28%، مع تطبيق كامل بنسبة 14%، وتطبيق جزئي بنسبة 14%. الأطباء الأصغر سناً كانوا الأميل لاستعمال EMRs على نحو ملموس. في حالة أولئك الذين كانوا في الثلاثينات من العمر، طبق 45% منهم السجلات الطبية الإلكترونية تطبيقاً كاملاً أو جزئياً، وذلك مُقابل 15% فقط عند الأطباء الذين تجاوزت أعمارهم 60. وجرى تحليل الانحدار اللوجستي لعلاقة تبني EMRs

بمميزات العيادة والعمر والجنس والموقع الجغرافي. من المعقول أكثر في العيادات الصغيرة أن يتبنى الأطباء الأصغر سناً EMRs مما قد يفعل الأطباء الكبار في السن. كما تتعلّق EMRs بالاستعمال المتزايد لإدارة الأمراض المزمنة.

مقدمة

تمتلك السجلات الطبية الإلكترونية (Electronic Medical Records) (EMRs) القدرةَ على تحقيق انتقال نوعي في الرعاية الصحية في الولايات المتحدة. ويمكن لإنجاز الهدف المتمثل بسجلات طبية إلكترونية قياسيّة يسهل تبادلها بين الأنظمة المختلفة، أن يحقق فوائد اجتماعية واقتصادية ملموسة. سيزيح نظام رعاية صحية على أساس EMR التوازن بعيداً من رعاية الإصابات الحادة والأطباء الاختصاصيين إلى الرعاية الأولية والوقاية. تعطي تجربة نظام شؤون المحاربين القدماء (Veterans Affairs) (VA) على مدى الماضي دروساً مهمة في هذا المجال. في منتصف التسعينيات من القرن الماضي استثمرت VA في نظام سجلات طبية إلكترونية واسع، أدى إلى حذف الفائض في أسِرَّة المشافي، ونقل التركيز نحو تعزيز الرعاية الصحة، والوقاية، والرعاية الخارجية للمرضى. وكانت النتيجة الانتقال نحو نظام تسليم خدمة تامة متكامل (Greenfield and Kaplan, 2004). وقد وجدت دراسة حديثة أنّ مرضى VA يتلقون نوعية أعلى من الرعاية من تلك التي يلقاها مرضى (Medicare) وذلك في 11 مقياس من أصل 11، وبما يشمل الخدمات الوقائية ومعالجة الأمراض المزمنة، مثل السكري وارتفاع ضغط الدم (Jha et al., 2003).

لقد وضع الرئيس بوش موعداً مُستهدفاً هو عام 2014 لإنجاز التبني الواسع الانتشار للسجلات الطبية الإلكترونية القابلة للتشغيل البيني. وبالرغم من ذلك يبقى التقدم المتحقق حتى تاريخه بطيئاً. وبناءً على دراسة حديثة من مراكز التحكم بالأمراض (CDC) (Centers of Disease control)، فإنّ نسبة الأطباء على المستوى الوطني الذين اعتمدوا السجلات الطبية الإلكترونية الشاملة والتامّة الوظيفية لا تتعدّى نسبة 12.4% (Hing,

Burt and Woodwell 2007). ومن بين الأسباب المعطاة لعدم تبني EMRs كانت الأسباب التالية: عدم توفر رأس المال اللازم، وصعوبة العثور على نظام يلبي الاحتياجات، والشك في أنّ الاستثمار في EMR سيحقق عائداً اقتصادياً، والقلق من أنّ النظام سيصبح قديماً وسيعفو عليه الزمن، والتخوّف من فقدان الإنتاجية (Conn, 2007).

تاريخياً، نظر بعض الأطباء إلى تقانة المعلومات السريرية ببعض الشك بصفتها تمثل تهديداً لاستقلاليّتهم المهنية شورتليف (Shortliffe, 2005). ومع أن بعض الأطباء قد احتضنوا تقانة المعلومات في إطار عياداتهم، ولكن ينتاب آخرين بعض القلق من تدخّل تقانة المعلومات في العلاقة بين الطبيب والمريض وتعززيها لمقاربة "خطوط الإنتاج من دون ملامح مميزة" في الطب. لقد حذّر هارتزباند وغروبمان (Hartzband and Groopman, 2008) في مقالة صحفية حديثة من "الانتحال السريري" الذي يقع عندما يقطع الأطباء ملاحظات بعضهم ويعيدون لصقها في سجلات المرضى. ولقد ناقشا أيضاً أنّ السجلات الطبية الإلكترونية ستضع قيوداً على التفكير الإبداعي وستعزز مقاربة صلبة وغير متفكّرة أطلقا عليها اسم "أتمتة".

لقد تفحّصَت عدّة دراسات الجوانب الاقتصادية لتبني EMR. وشمل ذلك الوفر الكلّي المتحقق من EMR على المستوى الوطني (Hillestad et al., 2005)، وحالة الأعمال الناجمة عن تبني EMRs على مستوى العيادات (Wang et al. 2003, Miller et al., 2005). ومع هذا فقد أثبتت حالة الأعمال أنها غير كافية لتحقيق تبنٍّ واسع الانتشار (Kleinke, 2005). يمكن أن تفتقر العيادات الصغيرة للمصادر اللازمة لتتجيز EMRs، ويبدو أن معظم الفوائد ستعود لأصحاب المصلحة الآخرين، مثل شركات التأمين والمرضى والمجتمع.

الأطباء في العيادات الصغيرة هم صانعو القرار الأساسيون بشأن الاستثمار في تقانة المعلومات. و من دون قبول الأطباء، ستكون لأي نظام معلومات سريري فرص

ضئيلة بالنجاح. ومع ذلك لم يُدرَس بصورة مُناسبة دور الأطباء في قرارات تبني EMR وفي مميّزات المتبنّين المبكرين وقد فُهِم فهماً ضعيفاً. وهدفنا سدُّ هذه الثغرة في الأدبيات.

الخلفية وإطار العمل المفاهيمي

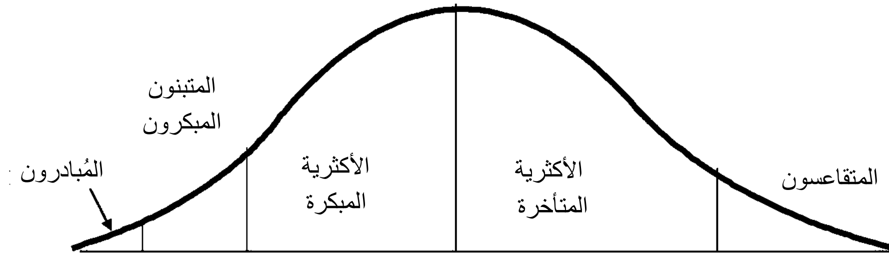
تتأخر الولايات المتحدة 5-10 سنوات في مجال الاستثمار العام في شبكات المعلومات الصحية وذلك عند مقارنتها بدول مجموعة OECD الأخرى. فمثلاً استثمرت المملكة المتحدة 11.5 بليون دولار في مشروع EMR واسع، وذلك مقابل إنفاق اتحادي قدره 125 مليون دولار على تقانة المعلومات الصحية في الفترة الزمنية نفسها (Anderson et al. 2006) وعليه فقد ذهبت هذه البلدان إلى ما وراء مرحلة التخطيط؛ نحو التحقيق. حيث يمكن للمرضى في المملكة المتحدة الآن اختيار المشافي وتحديد المواعيد بواسطة نظام وطني للجدولة على الخط. وتتوقع كندا امتلاك EMRs لنصف سكانها بحلول عام 2009.

حاولت إجراءات سياسية مواجهة هذه المسألة من طريق تشجيع تبني EMR عبر تغيرات في أساليب التعويضات. تمنح أنظمة "الدفع مقابل الأداء"، التي تُستعمل الآن من قبل الدافعين الخصوصيين والعموميين، دفعات إضافية مُقابل كتابة تقارير أو تحقيق أهداف نوعية (Rosenthal et al. 2007). تُساعد هذه المُحفّزات اعتماد تقانة المعلومات، لأنّه سيكون من الصعب إدارة المعطيات المطلوبة أو استصدار تقارير من دون أنظمة معلومات قوية (Shortliffe, 2005). فمثلاً، سيكون أمراً مكلفاً جداً ومتطلباً زمنياً لعيادة فيها سجلات ورقية أن تُصدر تقريراً عن حالة مناعة شريحة مرضاها. إلّا أنّ الدفعة الإضافية النموذجية صغيرة؛ فهي تشكّل نحو 2-3% من مجمل التعويضات. وعليه إنّه من المشكوك فيه المدى الذي يمكن أن تغيّره هذه المحفزات المالية من سلوك المُزَوّد برفيك (Berwick, 2005). هناك مبادرات سياسية تشمل قانون "التشبيك لأجل رعاية

صحية نوعية" الذي سيطلب من المزوّدين اعتماد EMRs في ثلاث سنوات. تجري حالياً دراسة هذا القانون في مجلس الشيوخ الأميركي، وذلك مع أنّه من غير المتوقع أن يُعتمد.

طوّر إيفريت روجرز (Everett Rogers, 2005) إطار عمل شهير لوصف السيرورة الاجتماعية لنشر التقانة. بافتراض أنّ "عملية المُبادرة" تتبع توزيعاً طبيعياً، عندئذ يمكن تصنيف المُتبنّين في خمس فئات، على أساس سرعة تبنّيهم للمبادرة (الشكل 1). هذه الفئات الخمس هي التالية: المُبادرون (2.5%)، والمتبنون المبكّرون (13.5%)، والأكثرية المبكرة (34%)، والأكثرية المتأخرة (34%)، والمتقاعسون (16%). المُبادرون هم أوّل المتبنّين ويتميزون بحبهم للمغامرة وقبولهم بالمخاطرة. ولديهم الموارد لاستيعاب الخسارة الاقتصادية الناجمة عن مبادرة فاشلة، ولكن غالباً ما يكونون منعزلين اجتماعياً ونادراً ما يكونون قادة رأي. وفي المقابل غالباً ما يكون المتبنّون المبكرون قادة رأي ويعملون بصفتهم أمثلة تُحتذى من بقية أعضاء النظام الاجتماعي. الأكثرية المبكرة تفكّر مليّاً وتكون أكثر حذراً وموضعية في رؤاها المستقبلية. ومن المعقول أكثر أن يتبنوا ابتكاراً جديداً لأنه يُلبي حاجة مباشرة، نتيجة تبنيه لأنّه يمثل فكرة مثيرة للاهتمام. وتتبنى الأكثرية المتأخرة الابتكار فقط عندما يصبح معياراً. ينتظرون إلى أن يُزال الشك وتنخفض أسعار التبنّي. ويمكن أن يكون خيار التبني نتيجة ضغط شبكة نُظرائهم. المتقاعسون هم آخر من يتبنى ابتكاراً؛ إنهم يميلون إلى الانعزال والتموضع في شبكاتهم الاجتماعية. يجب أن تسمى هذه الزمرة باسم "التقليديين" لأنهم يثقون بما هو مُجرّب وحقيقي فقط (Berwick, 2003).

الشكل (1). فئات مُتبنيّ EMR مُكيَّف من (Roger, 1995).



باستعمال الإطار المُطوّر من روجرز (Rogers, 1995)، سوف نتفحص في مرحلة أولى مواصفات الطبيب المقترنة بالتبني المُبكّر للسجلات الطبية الإلكترونية. وسنقصر تركيزنا على العيادات المتعددة الأطباء ولكنها تضم أقل من ستة أطباء، لأنّ مواصفات الأطباء المنفردين قليلة الأهمية في العيادات الأكبر، حيث تُتخذ قرارات اعتماد تقانة المعلومات بأسلوب أكثر بيروقراطية ومن الأعلى إلى الأسفل. وكذلك يشمل النموذج المتغيرات المؤسساتية التي يمكن أن تؤثر في تبني EMR، مثل حجم العيادة، وموقعها في الريف أو المدينة، ونسبة المرضى المُعالجين ضمن إطار نظام Medicaid للمساعدة الاجتماعية (Menachemi et al. 2007)، وسوف نتفحص في مرحلة ثانية أثر تبني EMR في إدارة الأمراض والخدمات الوقائية.

في العيادة، يأخذ التحوّل إلى EMR عدّة مراحل تمتد على عدة أشهر أو حتى سنوات أونيل وكليباك (O’Neill and Klepack, 2007). تتطلب المرحلة الأولى استعمال EMR للأعمال الداخلية، مثل الفوترة والجدوَلَة وملاحظات تقدم المرضى والاتصالات الداخلية وتنظيم المعلومات الإلكترونية (الشكل 2). وتشتمل المرحلتان الثانية والثالثة على استعمال EMRs للتواصل مع الشركاء السريريّين لوظائف أكثر تقدماً، مثل الخدمات الوقائية وإدارة الأمراض. وعليه نعرّف "التبني الجزئي EMR" بصفته المرحلة الأولى من التنجيز، و"التبني الكلي لـ EMR" بصفته المرحلتين 2 و3. وعملياً هناك تداخل بين هذه المراحل.

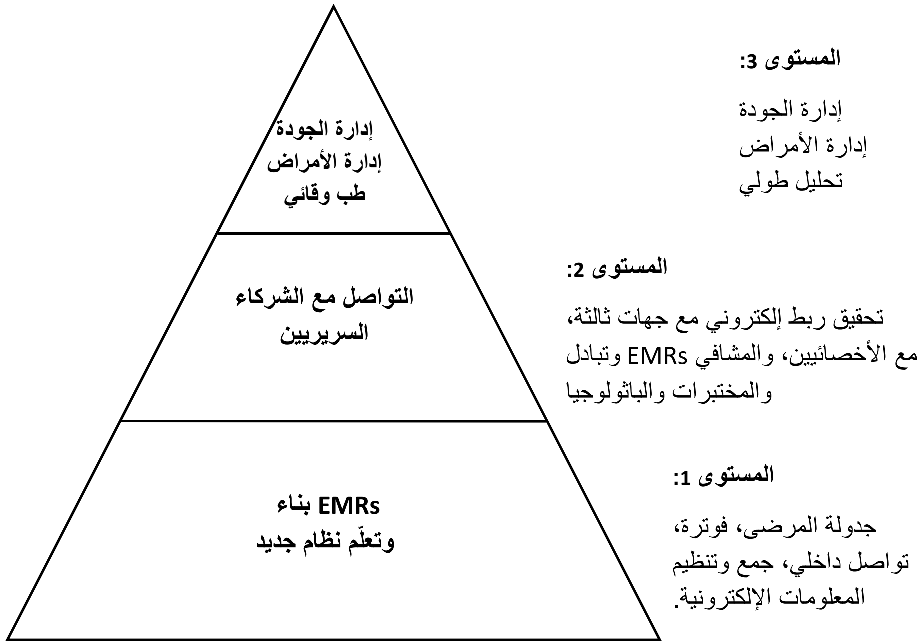
معطيات الدراسة وطرائقها

استعملنا تصميماً مقطعياً لاستطلاع أطباء الرعاية الأولية بشأن استعمال عياداتهم لتقانة المعلومات وأنماط ممارستهم، المتعلّقة بالوقاية وإدارة الأمراض، وجرى الاستطلاع بالتعاون مع قسم كنتاكي لخدمات (Medicaid). تكوّنت الشريحة الأوّلية من عينة عشوائية على مستوى الولاية مكونة من 2000 مزوِّد لديه على الأقل زيارة واحدة لمريض ضمن إطار Medicaid في العام السابق. اتبعت طريقة الاستطلاع سيرورة تصميم ديلمان (Dillman, 2000)، مع عدد كلّي مكون من أربع مراسلات (رسالة سابقة للاستبيان، ورسالة تضم مجموعة الاستبيان، وبطاقة مُتابعة، ورسالة استبيان نهائية). بعد حذف 62 من المزوّدين بسبب أخطاء في عناوينهم، بقي في العينة النهائية 1928 مُزوّداً. بدأت عملية الاستطلاع في نيسان، 2006، وانتهى الترميز النهائي للاستطلاع في حزيران 2006. كان هناك 533 استبياناً راجعاً بمعدل استجابة 27.6%.

50 من بين 533 مستجيباً فقط (9.3%) كانوا ينتمون إلى عيادات متوسطة الحجم أو كبيرة (تلك التي تضم ستة أطباء أو أكثر)، ولقد جرى استبعاد هؤلاء من التحليل اللاحق. ولقد سُئِل المستجيبون إذا طبّقت عياداتهم EMR تطبيقاً كاملاً أو جزئياً أو لم تفعل ذلك. وسئل الأطباء عن نسبة مرضاهم الذين تلقوا خدمات وقائية وإدارة مرضية في أسبوع نموذجي.

وكان يُنظَر إلى مقاطعة على أنها مدنية إذا كان موقعها ضمن مدينة، حيث أكبر المدن تضم ما يزيد عن 50000 نسمة أو أكثر. حققت ست من مقاطعات كنتاكي المئة والعشرون هذا المعيار، واعتبرت المُقاطعات الأخرى ريفية.

الشكل(2). مراحل تطبيق EMR



التحليل الإحصائي

باستعمال اختبارات χ^2، جرى تحديد اختلافات ملموسة بين متبنّي EMR (الجزئي أو الكلي) وأولئك الذين لم يتبنوه. وفي حالة المتغيرات العادية، جرى استعمال الاختبار غير الوسيطي Mann-Whitney.

وجرى استعمال نموذجي انحدار لوجستي منفصلين للتنبؤ بمعقولية كل من **1)** تبني EMR و **2)** التبني الكلي أو الجزئي لـ EMR. اشتملت المتغيرات المرشحة لنماذج الانحدار اللوجستي على مواصفات الطبيب (العمر، الجنس، الشهادة) ومواصفات العيادة (وحيدة الطبيب، ريفية، نسبة مرضى Medicaid، نسبة المرضى الخاضعين لرعاية متتبَّعة، وعدد الأطباء في العيادة). جرى انتقاء المتغيرات لنموذج الانحدار النهائي باستعمال إجرائية SPSS الدرجيّة (SPSS for windows, 13.0) و كان مستوى الثقة المعتبر عند p<0.005.

النتائج

من بين 482 طبيباً مُستطلعاً، كانت نسبة متبنّي EMR تساوي 28%، مع تبنٍّ كامل بنسبة 14%، وتبنٍّ جزئي بنسبة 14%. تتفق هذه النتيجة مع الاستطلاع الذي شمل 3350 طبيباً مكتبياً على مساحة الوطن أجرته CDC عام 2006. في ذلك الاستطلاع ذكر 29.2% من الأطباء أنهم يستعملون أي نوع من EMR وأشار 12.4% منهم إلى استعمال EMR شامل كما هو معرف وظيفياً (Hing et al., 2007).

اختلف الأطباء الذي طبّقوا EMR جزئياً أو كلياً عن أولئك الذين لم يطبقوه في عدّة جوانب مهمة (الجدول 1). كان مُتبنّو EMR أصغر سناً بنحو 5.9 سنة من غير المتبنين (47.5 مقابل 53.4, $p<0.01$). وكان من المعقول أكثر ألاّ يكونوا في عيادات منفردة (65.1% مقابل 75.8%, $p<0.01$)، وأن يمارسوا عملهم في منطقة ريفية (79.9% مقابل 69.3%, $p<0.05$)، ولديهم عدد أقل من الخاضعين للرعاية المُتتبّعَة (12.5% مقابل17.8%, $p<0.01$).

الجدول (1). مواصفات الأطباء والعيادات المقترنة باستعمال السجلات الطبية الإلكترونية

مواصفات الطبيب	EMR كلي أو جزئي	غير المتبنّين	الفرق
حجم العينة	134	348	--
العمر	47.5	53.4	-5.90**
الذكور	84.8%	80.1%	4.7%
حامل البورد	88.0%	83.9%	4.1%
إدارة المرض	49.6%	40.6%	9.1%**
خدمات وقائية	30.1%	25.5%	4.6%
مواصفات العيادة			
عيادة منفردة	65.1%	75.8%	-10.7%*

عدد الأطباء	1.67	1.54	0.13*
ريفية	79.9%	69.3%	10.6%*
نسبة مرضى Medicaid	25.7%	24.4%	1.3%
نسبة الرعاية المُتتبّعة	12.5%	17.8%	-5.3%**

* قيمة p < 0.01، ** قيمة p < 0.02

وبدلالة أنماط الممارسة، قدّم الأطباء الذين طبّقوا EMR كلياً أوجزئياً إدارة أكثر للأمراض المزمنة من غير المتبنّين (49.6% مقابل 40.6%, p<0.01). وقدّم الأطباء الذين طبقوا EMR تطبيقاً كلياً المزيد من الخدمات الوقائية من أولئك الذين طبقوه جزئياً أو لم يطبقوه (34.1% مقابل 25.5%, p=0.07). ولقد بيّن بحث إضافي أنّ الخدمات الوقائية اختلفت تبعاً للاختصاص (p<0.001). في حالة الأطباء المختصين بالأمراض الداخلية أو طب العائلة (n=109)، قدّم أولئك الذين لديهم EMR كليّ خدمات وقائية أكثر على نحو ملموس من العيادات ذات EMR جزئي أو من دونه (46.7% مقابل 29.4%, p=0.027).

جرى استعمال نموذجين منفصلين لانحدار لوجستي متعدد المتحولات للتنبؤ بالتبني الكامل لـ EMR أو التبني الكامل أو الجزئي لـ EMR، على أساس مواصفات الطبيب والعيادة (الجدول 2). ولقد كانت المتغيرات، المتمثلة بعمر الطبيب (p<0.001) وهل هو ذكر (p<0.05) وهل يعمل في منطقة ريفية (p<0.05)، متنبئات معنوية بشأن تبني EMR. أمّا المتغيرات الأخرى مثل حصوله على البورد، أو عمله منفرداً، أو نسبة حالات Medicaid التي يعالجها أو حالات الرعاية المُتتبَّعة أو حجم العيادة فهي جميعاً لم تكن معنوية.

الجدول (2). معادلات الانحدار اللوجستي للتنبؤ بتبني EMR على أساس مواصفات الأطباء والعيادات.

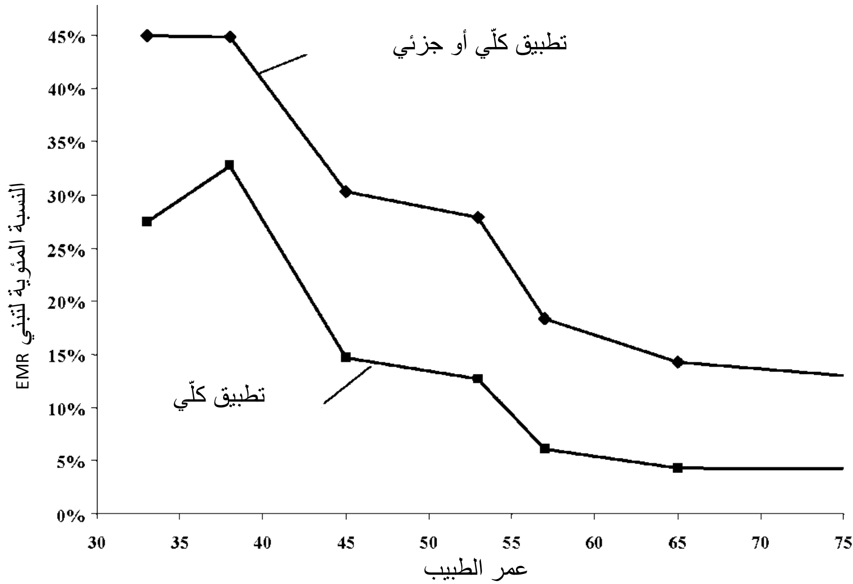
EMR كلّي				
مواصفات الطبيب	معامل الانحدار	الخطأ المعياري	الفروقات النسبية	قيمة -p
الحد الثابت	0.607	0.799		0.447
العمر (بواحدة 10 سنين)	-0.796	0.150	0.451	0.000
ذكر	0.912	0.423	2.489	0.031
ريفي	0.860	0.376	2.363	0.022
EMR كلّي أو جزئي				
مواصفات الطبيب	معامل الانحدار	الخطأ المعياري	الفروقات النسبية	قيمة -p
الحد الثابت	0.800			0.178
العمر (بواحدة 10 سنين)	-0.553	0.107	0.575	0.000
ذكر	0.669	0.307	1.952	0.029
ريفي	0.607	0.263	1.834	0.021

العلاقة بين تبني EMR وعمر الطبيب مبينة بوضوح في (الشكل3 والجدول2) . في حالة الأطباء في الثلاثينات من عمرهم، 45% منهم قاموا بتطبيق EMR كلياً أو جزئياً في حين طبّقه أقل من 15% من الأطباء الذين أعمارهم أكبر من 60 سنة. أمّا معدّل التطبيق الكلّي فكان 30% في حالة الأطباء في الثلاثينات من أعمارهم وأقل من 5% في حالة أولئك الذين أعمارهم تزيد عن 60 سنة.

تعاني هذه الدراسة من عدّة نقاط قصور. إذ بالتصميم، تعتمد معطيات الاستطلاع على قدرة المشاركين على إعطاء إجابات دقيقة. وأكثر من ذلك، تكون الاستطلاعات التي لا تمتلك معدلات إجابة تامة عرضة لانحياز الإجابات. ولأنّ المعطيات تأتي من ولاية واحدة، يجب توخي الحذر عند تعميم الاكتشافات على مناطق

جغرافية أخرى. وبوجه عام، لقد وُجد أن تبنّي EMR أعلى في مناطق الغرب والغرب الأوسط بالمقارنة مع المناطق الجنوبية والشمالية الشرقية (Hing et al., 2007).

الشكل (3). العلاقة بين تبني EMR وعمر الطبيب (مُكيفة من O'Neill and Klepack, 2007)



المناقشات والنتيجة

لقد تفحصت عدة دراسات الجوانب الاقتصادية لتبني EMR. ومع ذلك يوجد القليل من الدراسات التي تفحصت الدور الأساسي للأطباء في السيرورة الاجتماعية لنشر EMR. وجدت هذه الدراسة أنّ المتبنّين المبكّرين هم وسطياً أصغر سناً من غير المتبنين، وأنّ توقع التبني ينخفض مع ازدياد العمر. لقد وجدت دراسات سابقة عبر صناعات مختلفة علاقة متضاربة بين العمر وسيرورة الابتكار (Rogers, 1995). في دراسة استطلاعية خصّت الأطباء المكتبيّين، وجد بورت وسيسك (Burt and Sisk, 2005) أن عمر المريض ليس مُتنبّئاً معنوياً لتبنّي EMR. وفي استطلاع بواسطة البريد الإلكتروني شمل

2145 طبيب رعاية أوليّة، لم يجد أندرسون وبالاس (Anderson and Balas, 2006) أيَّ علاقة مهمة بين عمر الطبيب واستعمال تقانة المعلومات في العيادة.

لقد كان معدّل الاستجابة في دراستنا 27.6%، وهذا متفق مع دراسات منشورة أخرى بتصميم مُشابه. فمثلاً، كان لثلاث دراسات حول تبني الأطباء لتقانة المعلومات معدلات استجابة تراوحت بين 21 و28 بالمئة (Gans, Kralewski et al., 2005) (Brooks and Menachemi, 2006; Rosenthal and Layman, 2008). وفي حالة العيادات الصغيرة المدروسة، وُجد أن المُحددات الرئيسة لتبني EMR هي مواصفات الاطباء أكثر من مواصفات المؤسسات. وجدت الدراسات السابقة أنّ المواصفات المؤسساتية، مثل نسبة مرضى Medicaid، هي عوامل تنبؤ معنوية في مسألة تبني EMR (Menachemi et al., 2007). لقد وجدت دراستنا أنّ تبني EMR يكون أعلى في المناطق الريفية. ولقد وجدت دراسة سابقة عن أطباء شمال كارولاينا أنّ تبني EMR يكون أخفض في المقاطعات الريفية الأكثر فقراً (Rosenthal and Layman, 2008).

استناداً إلى (Rogers, 1995)، يؤثّر المتبنون المبكرون أيضاً – بصفتهم قادة رأي – لهم تأثير في إقناع زملائهم بتبني الابتكارات. غالباً ما نحتاج إلى تأييد قادة الرأي لتحقيق كتلة حرجة، التي تمثّل النقطة التي بدءاً منها تصبح السيرورة قادرة على إدامة نفسها، وهذا يتحقق نموذجياً عند مستويات تبني نحو 10%-20%. هنا تتبع سيرورة الانتشار منحنياً يشبه حرف S، يعرف أيضاً باسم النموذج الوبائي. استناداً إلى CDC، ازداد التبني على المستوى الوطني للسجلات الطبية الإلكترونية الشاملة من 9.3% عام 2005 إلى 12,4% في 2006. لذلك يبدو أننا ندخل المرحلة 2 من السيرورة الموصوفة في الشكل (1). هذه مرحلة حرجة لأنّها تحدد ما إذا كان الابتكار سينتشر في المجتمع أم إنه سيبقى في حالة ركود. أثناء هذه المرحلة، يمكن للمتبنين المبكرين أن يؤدوا دوراً محورياً في تسهيل انتشار هذه التقانة. فمثلاً يمكنهم أن يعرضوا للأكثرية المبكرة كيف تحقق EMRs الحاجات المباشرة والعملية.

لقد استعملت هذه المقاربة في تجنيد المتبنين المبكرين بنجاح في بلدان أخرى. في أستراليا، جرى تحديد هوية المتبنين المتحمسين، وأصبح هؤلاء أنصاراً سريريين موضعيين، ومؤيّدين متطوعين لشبكة (HealthConnect)، وهي الشبكة الصحية الوطنية في ذلك البلد، (Anderson et al., 2006). وفي المملكة المتحدة استَعمل NHS تقنيات الجذب التسويقي لتشجيع، ومن ثَم التأثير في هؤلاء المتبنين المبكرين لأنظمة EMR. وبسبب الاستثمار المالي الكبير للقطاع العام (11 بليون دولار) أصبح للمملكة المتحدة الآن شبكة صحية وطنية لأجل تحديد وجدولة المواعيد على الخط وللوصفات الطبية الإلكترونية، وذلك مع خطّة لإنجاز تبني EMR كلّي عام 2014.

كما في حالة تقانات المعلومات الأخرى، مثل الفاكس والبريد الإلكتروني، للسجلات الطبية الإلكترونية مفاعيل شبكية ملموسة، حيث تزداد الفائدة منها بما يتناسب مع ازدياد عدد المستعملين على الشبكة. في كنتاكي، يبقى مستوى الترابط البيني للشبكات الصحية منخفضاً. فعلى سبيل المثال، أشار 27% فقط من الأطباء في هذه الدراسة، الذين استعملوا EMRs، إلى قيامهم بملء الوصفات الطبية إلكترونياً. وبسبب القلق من نقص التواصل، وخوفاً من مشكلة زيادة تكاليف Medicaid، أطلقت حكومة كنتاكي "خطة العمل الصحي الإلكتروني" "E-Health Action Plan" التي تتكون من تجمع يضم المشترين والدافعين والمزوّدين والممارسين (ehealth.ky.gov). مهمتها هي زيادة درجة التواصل من المزوّد بتكلفة أخفض من طريق الاستثمار في شبكات المعلومات الصحية. يمكن أن تساعد هذه المبادرة المتبنين الجزئيين الموجودين الآن في المرحلة 1 (الشكل 2) على أن يصبحوا متبنين كاملين لـ EMR من طريق تحقيق ترابط إلكتروني مع الصيدليات وشركات التأمين والمشافي.

لقد افترضنا أن الأطباء الذين يستعملون EMRs يوفّرون إدارة للأمراض المزمنة لحالات مثل الربو، فشل القلب الاحتقاني، السكري، الإيدز، ارتفاع الضغط الشرياني، وتدعم نتائجنا هذا الافتراض. ولقد قدّم الأطباء الذين استعملوا EMRs وكانوا مختصين بالأمراض الداخلية أو طب العائلة خدمات وقائية أكثر. وبهدف البحث عن إمكانات

دحض محتملة، أُجري تحليل انحدار على مرحلتين، جرى حساب درجة النزعة لتبني EMRs باستعمال انحدار لوجستي في المرحلة الأولى مبين في الجدول (2). واستعملت القيم التي جرى التنبؤ بها في هذا النموذج بصفتها متغيرات تنبؤ في المرحلة الثانية. لم تكن "النزعة نحو تبني" EMRs مُتنبئاً معنوياً لأنماط ممارسة الأطباء، في حين كان "استعمال" EMR معنوياً (p=0.062). يدعم هذا الاكتشاف الفرضية بشكلٍ أكبر من طريق إزالة إمكانات دحضها المحتملة. مع أنّ هذه النتائج مُشجعة، ولكن يجب تفسيرها بحذر، فمنحني التعلّم المقترن بالسجلات الطبية الإلكترونية طويل، وقد يستغرق قياس تأثير EMRs في هذه الوظائف العالية المستوى (الوقاية وإدارة الأمراض) سنةً أو أكثر (O'Neill and Klepack 2007). وعلاوة على ذلك، فهي تتطلب "شبكات معلومات صحية" قابلة للتطبيق، تشمل المشافي، والصيدليات ومزودين آخرين. وعليه، لا يمكن أن يتوقع المتبنون الجزئيّون، أولئك الموجودون في المرحلة 1 (انظر الشكل 2)، أن يستوعبوا الفوائد الكاملة من EMRs.

إنّ لتأثير EMRs في جودة الرعاية الصحية التي تُقاس بالوقاية وإدارة الأمراض انعكاسات مهمة على السياسات. على المدى الطويل، يمكن لاستثمار في الطب الوقائي اليوم أن يؤدي إلى خفض التكاليف غداً، على شكل خفض عدد حالات الدخول إلى المشافي وخفض أعباء المرض. وعليه، يمكن أن تكون الدراسات السابقة حول "اقتصاديات" EMR قد قدّرت بالنقصان هذه الفوائد البعيدة المدى. نحتاج إلى المزيد من الأبحاث في هذا المجال، وخصوصاً في ما يتعلق بتأثير EMRs في الاستعمال الصيدلاني في الحالات المزمنة، مثل السكري وارتفاع الكولسترول، وتأثيرها في الإنفاق في المشافي.

في الوقت الذي تتحمل فيه العيادات الصغيرة مجمل تكلفة تبني EMR في الرعاية الأولية ، تعود معظم الفوائد إلى أصحاب المصلحة الآخرين، مثل الزبائن أو المجتمع. حالياً لا يجري تعويض الأطباء على أساس حالات الموت بالسرطان أو حالات الدخول إلى المشافي التي يجري تفاديها. لقد أدركتْ دول أخرى مثل كندا أو إنجلترا أو

أستراليا أهمية EMRs بصفتها فائدة عامة تتطلب استثماراً عاماً مهماً (Anderson et al., 2006). تُحاول فكرة "الدفع مُقابل الأداء" أن توازن بين المُحفزات والوقاية والجودة، وتُشجّع من ثَم على تبني EMR.

يمثّل تحديد هوية المتبنّين المبكرين وقادة الرأي سياسةً بديلةً يمكن أن تساعد في تسريع اعتماد السجلات الطبية الإلكترونية. يمكن لأبحاث مستقبلية أن توسع هذه الدراسة من طريق تفحّص حاجات الأطباء ومواقفهم وقناعاتهم بشأن دور تقانة المعلومات السريرية في عياداتهم، وخصوصاً ضمن فئتي الأكثرية المبكرة والأكثرية المتأخرة.

المراجع

Anderson, G. F., Frogner, B. K., Johns, R. A., and Reinhardt, U. E. (2006). Health care spending and use of information technology in OECD countries. *Health Affairs (Project Hope)*, 25(3), 819–831. doi:10.1377/hlthaff.25.3.819

Anderson, J. G., and Balas, E. A. (2006). Computerization of Primary Care in the United States. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 1(3), 1–23. doi:10.4018/jhisi.2006070101

Berwick, D. (2005). "A deficiency of will and ambition": A conversation with donald berwick. Interview by robert galvin. *Health Affairs (Project Hope)*, (Suppl Web Exclusives), W5-1–W5-9.

Berwick, D. M. (2003). Disseminating innovations in health care. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 289(15), 1969–1975. doi:10.1001/jama.289.15.1969

Brooks, R. G., and Menachemi, N. (2006). Physicians' use of email with patients: Factors influencing electronic communication and adherence to best practices. *Journal of Medical Internet Research*, 8(1), e2. doi:10.2196/jmir.8.1.e2

Burt, C. W., and Sisk, J. E. (2005). Which physicians and practices are using electronic medical records? *Health Affairs (Project Hope)*, 24(5), 1334–1343. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1334

Gans, D., Kralewski, J., Hammons, T., and Dowd, B. (2005). Medical groups' adoption of electronic health records and information systems. *Health Affairs (Project Hope)*, 24(5), 1323–1333. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1323

Greenfield, S., and Kaplan, S. H. (2004). Creating a culture of quality: The remarkable transformation of the department of veterans affairs health care system. *Annals of Internal Medicine*, 141(4), 316–318.

Hartzband, P., and Groopman, J. (2008). Off the record--avoiding the pitfalls of going electronic. *The New England Journal of Medicine*, 358(16), 1656–1658. doi:10.1056/NEJMp0802221

Hillestad, R., Bigelow, J., Bower, A., Girosi, F., Meili, R., and Scoville, R. (2005). Can electronic medical record systems transform health care? potential health benefits, savings, and costs. *Health Affairs (Project Hope)*, 24(5), 1103–1117. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1103

Hing, E. S., Burt, C. W., and Woodwell, D. A. (2007). Electronic medical record use by office based physicians and their practices: United States, 2006. *Advance Data*, (393)(393), 1-7.

Jha, A. K., Perlin, J. B., Kizer, K. W., and Dudley, R. A. (2003). Effect of the transformation of the veterans affairs health care system on the quality of care. *The New England Journal of Medicine*, 348(22), 2218–2227. doi:10.1056/NEJMsa021899

Kleinke, J. D. (2005). Dot-gov: Market failure and the creation of a national health information technology system. *Health Affairs (Project Hope)*, 24(5), 1246–1262. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1246

Menachemi, N., Matthews, M. C., Ford, E. W., and Brooks, R. G. (2007). The influence of payer mix on electronic health record adoption by physicians. *Health Care Management Review*, 32(2), 111–118.

Miller, R. H., West, C., Brown, T. M., Sim, I., and Ganchoff, C. (2005). The value of electronic health records in solo or small group practices. *Health Affairs (Project Hope)*, 24(5), 1127–1137. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1127

O’Neill, L., and Klepack, W. (2007). Electronic medical records for a rural family practice: A case study in systems development. *Journal of Medical Systems*, 31(1), 25–33. doi:10.1007/s10916-006-9040-1

Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations* (4th ed.). New York: Free Press.

Rosenthal, D. A., and Layman, E. J. (2008). Utilization of information technology in eastern North Carolina physician practices: Determining the existence of a digital divide. *Perspectives in Health Information Management/ AHIMA, American Health Information Management Association*, 5, 3.

Rosenthal, M. B., Landon, B. E., Howitt, K., Song, H. R., and Epstein, A. M. (2007). Climbing up the pay-for-performance learning curve: Where are the early adopters now? *Health Affairs (Project Hope)*, 26(6), 1674–1682. doi:10.1377/hlthaff.26.6.1674

Shortliffe, E. H. (2005). Strategic action in health information technology: Why the obvious has taken so long. *Health Affairs (Project Hope)*, 24(5), 1222–1233. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1222

Wang, S. J., Middleton, B., Prosser, L. A., Bardon, C. G., Spurr, C. D., and Carchidi, P. J. (2003). A cost-benefit analysis of electronic medical records in primary care. *The American Journal of Medicine*, 114(5), 397–403. doi:10.1016/S0002-9343(03)00057-3

لقد نُشر هذا العمل سابقاً في:

International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics,

Volume 4, Issue 2, pp. 69-78,

تحرير جوزيف تان، حقوق النشر 2009 لشركة IGI Publishing.

الفصل الثانـي عشر

أبحاث نظم معلومات الرعاية الصحية: من هو المستعمل الحقيقي؟

ألكسندر ج. ماكليود
جامعة نيفادا، رينو، الولايات المتحدة الأميركية
جان غوينز كلارك
جامعة تكساس، سان أنطونيو، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

يُعدّ تطبيق أبحاث نظم المعلومات (Information Theory) (IS) في مجال الرعاية الصحية محاولة مهمة. غير أنّ على الباحثين في نظم المعلومات أن يكونوا حريصين على التعرّف على الأدوار الفردية، والإطار المحيط والتنبؤ بقابلية التعميم. إنّ الكثير من نظريات نظم المعلومات تعود جذورها إلى المؤسسة، وآليات العمل وأصحاب المصلحة. إنّ جميع المستعملين هم أصحاب المصلحة، ولكن ليس كل أصحاب المصلحة مستعملين. ولذلك عند القيام ببحث مرتبط بمستعمل، من المهم التعرّف على المستعمل الحقيقي.

ليس من السهل تعميم الأبحاث في نظم المعلومات المتعلقة بالرعاية الصحية، مفترضين أنها مكافئة لأبحاث في نظم معلومات مؤسساتية. إنّ المستشفيات وغرف الإسعاف والمختبرات مختلفة كثيراً عن بيئة "الأعمال" وكذلك فإنّ "مستعملي الرعاية الصحية":

يختلفون تماماً في الدور الذي يؤدونه. لذلك يحتاج الباحثون في نظم المعلومات إلى فهم بيئة الرعاية الصحية قبل تطبيقهم بصورة صحيحة نظرية IS. من الواضح أننا إذا كنا ندرس الشخص أو المجموعة من الأشخاص الخطأ، فلا نستطيع التوقّع أن ننتج بحثاً وثيق الصلة بالموضوع. بغية إزالة الغموض في ما يخصّ المستعمل في بحث نظم المعلومات المتعلقة بالرعاية الصحية، سنقدّم أمثلةً عن عدة سيناريوهات في مجال الرعاية الصحية، ونجري تحليلاً مبسّطاً لصاحب المصلحة في كلّ سيناريو، ونحدّد أصحاب المصلحة وأدوارهم في كلّ سيناريو.

مقدمة

تستمر نظم المعلومات بشقّ طريقها في صناعة الرعاية الصحية مع تزايد تبني التقانات الحاسوبية من قبل العاملين في الطب غولد – شميدت، ت. هوستون وهوستون (Gold-schmidt, 2005, T. Huston and Huston, 2000, Khoumbati, Themistocleous, and Irani, 2006). تدعم التقاناتُ المبتكرة الرعايةَ الصحية من خلال الحفاظ على التكلفة أو خفضها وإيصال الرعاية إلى المرضى البعيدين جغرافياً والتزويد بمختصين استشاريين حيث تكون الخبرة محدودة أو غير متوافرة فيلد، لو روج، هيفنر و كولينز (Field, 1996; LeRouge, Hevner, and Collins, 2007; LoginandAreas, 2007). إنّ التشديد على احتياجات وإمكانات من يستعملون التقانة يحسّن من نوعية الأبحاث في نظم المعلومات المتعلقة بالصحة.

يعدّ العمل على جعل الأبحاث في نظم المعلومات ضمن سياق الرعاية الصحية محاولة مهمة. غير أنّ باحثي نظم المعلومات يجب أن يكونوا دقيقين عند تحديد الأدوار الفردية (Lamb and Kling, 2003; Reponen,1994) ، وسياق الإعدادات، والتنبؤ بقابلية التعميم (Avgerou, 2001; DeLone andMcLean, 2003; Rawstorne, Jayasuriya, and Caputi, 2000). إنّ أحد أهم مبادئ الباحثين في نظم المعلومات هو "اعرف مستعملك"

(Norman, 2005). يجب أيضاً أن يُطبّق هذا المبدأ على أولئك الذين يقومون بالبحث في نظم المعلومات المتعلقة بالرعاية الصحية. غير أنّ هذا ليس هو الوضع غالباً.

تعود جذور الكثير من نظرية IS إلى المؤسسة وعملياتها التجارية وأصحاب المصلحة (Ginsberg and Venkatraman, 1985; Magni and Pennarola, 2008; Massa and Testa, 2008; Van de Ven, 2005). يعرّف فريمان Freeman أصحاب المصلحة على أنهم "أي فرد أو مجموعة تستطيع أن تؤثِّر أو تأثّرت بإنجاز أهداف المؤسسة" (Freeman 1984). ركّزت أبحاث نظم المعلومات السابقة المرتبطة بأصحاب المصلحة - على فشل IS (Lyytinen and Hirschheim, 1988)، والتخطيط لها (Ruohonen, 1991) وتتجيز نظم معلومات استراتيجية (Galliers, 1991). وحديثاً، جرى التركيز على استخدام نظم المعلومات والرضا والقبول.

وبغية فهم "مَنْ هو مهمٌ حقاً" يلزمنا أن نقيمّ بصورة منهجية علاقات أصحاب المصلحة (Mitchell, Agle, and Wood, 1997). يقع عادة أصحاب المصلحة في نظم المعلومات وضمن السياق التجاري في واحدة من المجموعات الثلاث: المستعملون، أو المديرون، أو محترفو IS. وعلى الرغم من أنّ هذا التمايز واضح نسبياً لدى إدارة الرعاية الصحية (جانب الأعمال من الرعاية الصحية)، غير أنه غير واضح تماماً في إطار الرعاية الصحية الخاصة بالمريض.

إنّ المستشفيات وغرف الإسعاف والمختبرات مختلفة تماماً عن بيئة "الأعمال" العادية، ويختلف أصحاب مصلحة الرعاية الصحية كثيراً في الدور الذي يؤدونه (مريض، مساعد طبيب، مختص، متدرّب، مقيم، ممرض، سريريّ، إداري... إلخ). وحسب الوضع، يمكن لأي من أصحاب المصلحة أو جميعهم أن يكونوا مستعملين لنظام المعلومات المتعلق بالرعاية الصحية. ولذلك فإنّ تعاريف تعود إلى بيئة الأعمال يدخل فيها مستخدمو الأعمال والعمليات التجارية لا تعود مطبقة في إطار الرعاية الصحية. على سبيل المثال،

تتطلب محاولة تطبيق نظرية IS مثل نموذج قبول التقانة (Technology Acceptance Model) (TAM) على الطب عن بُعد (Telemedicine) أن يدركَ المتحري الفروقَ بين أصحاب المصلحة. إنّ جميع أصحاب المصلحة ليسوا مستعملين. فالطبيب الذي يقرأ تقريراً ولّده سريري تعامل مع بعض التقانة هو ليس "المستعمل" للتقانة. لذلك فمن غير المناسب أن نستطلع "قبول المستعمل" لدى الطبيب أو أن نستطلع إدراكه لقابلية استخدام التقانة. إنّ السريري هو "المستعمل" وليس الطبيب. إضافة إلى ذلك، فإنّ مريضاً يملأ قسراً تقريراً ليخضع لفحص ويشارك بصورة سلبية بمعاينة بالفيديو عن بُعد هو ليس "مستعملاً". إنّ الفنّي الذي يدير التجهيزات هو المستعمل، وقبول الفني للتقانة مهم بالنسبة إلى باحثي IS.

نؤكّد أنّ على باحثي IS أن يفهموا سياق الرعاية الصحية ودور أصحاب المصلحة الخاصين بها قبل تطبيق نظرية IS. إضافة إلى ذلك، تولّد شبكات المرضى والممارسين الذين يستعملون تقانة المعلومات آليات مترابطة بين المستعمل والمؤسسة مختلفة جداً. يمكن أن تدخل في آليات الرعاية الصحية حالات حياة أو موت تعتمد على معطيات ومعلومات مهمة للغاية وغالباً حساسة للوقت. إنّ معظم المرضى الذين يواجهون المرض أو لديهم إصابات متأزمون بالإجهاد, وتجاهل هذه الفروق السياقية لصالح قابلية التعميم يخفف أو ينفي ببساطة آثار المفاعيل المتبادلة بين البشر والحاسوب ضمن البيئة الفريدة الخاصة بالرعاية الصحية.

إحدى مجالات الدراسة للتأثيرات المتبادلة بين الإنسان والحاسوب مرتبطة برضا المريض. أظهر تحليل – ميتا (Meta-Analysis) عن رضا المريض أنّ: **أ)** القليل من الدراسات حددت بصورة صحيحة الشروط، **ب)** معظم الدراسات ينقصها شرح مفاعيل التأثيرات المتبادلة لعلاقة طبيب – مريض، **ج)** وبصورة عامة، تفتقر معظم الدراسات إلى معطيات تفحص بصورة صحيحة إدراك المستعملين مير وويتن (Mair and Whitten, 2000). لقد أجرى هذه الدراسات باحثون في نظم المعلومات و/ أو الطب. الانقسام

الواضح للقطاع الصحي بين كينونات طبية/ سريرية واجتماعية/ تقنية يتطلب فهماً مضاعفاً عند التحري عن مستعملي الرعاية الصحية وتطبيق المفاهيم نظرية.

إنّ تصور مفهوم المستعمل أمر أساسيّ للرعاية الصحية وللأبحاث في نظم المعلومات لامب و كلينغ (Lamb and Kling, 2003). هؤلاء الذين يبحثون عن "مستعمل IS" عليهم أن يتمتعوا بدراية بثالوث الطبيب والسريري والمريض، بغية تطبيق نظرية IS بصورة صحيحة ضمن إطار الرعاية الصحية. نستطيع القول إنّ التعاريف غير المناسبة، والعلاقات المفقودة، والاعتقادات الخاطئة تلقي بشكوكها على قابلية تعميم البحث في نظم المعلومات المتعلقة بالرعاية الصحية.

قد يرى بعض القراء هذا على أنه "ببساطة ذِكرٌ لما هو بديهي"، غير أننا بصفتنا محترفين في مجال الرعاية الصحية، قد حصلنا على عدة مقالات في مجال أبحاث نظم المعلومات/ الرعاية الصحية لا يكون فيها المستعمل محدداً بصورة صحيحة. إنّ الباحثين والمقيمين للأبحاث لم يفهموا ببساطة التعقيدَ القائم بين الرعاية الصحية وتقانة المعلومات IT. ليست نيّتنا إحراج أيٍّ من الباحثين في مجال الرعاية الصحية أو الناشرين. لذلك سوف نناقش أخطاء معروفة بطريقة عامة. تركز الغالبية العظمى من أبحاث المستعمل لتقانة المعلومات في مجال الصحة العامة إما على الطبيب الرئيسي أو المريض. في كثير من الحالات، لا يكون الطبيب الرئيسي ولا المريض هما المستخدمان الفعليان للتقانة. فعلى سبيل المثال، استطلعت مقالة حديثة عن نظم المعلومات في مجال الرعاية الصحية المرضى حول رضا المستعمل، بالرغم من.

3 أنّ المرضى لم يستعملوا التقانة. بدلاً من ذلك، فقد قدّموا إدخالاً للمعطيات الطبية إلى نظام جرى استخدامه من قبل سريريين أو أطباء. ومع أنّ رضا المريض مهم، ولكنه لا يضاهي دائماً رضا مستعمل لنظم المعلومات. وفي بحث سابق آخر، جرى استطلاع الأطباء لتحديد سهولة استخدام تقانة طبية لا "تُستثمَر" فعلياً على الإطلاق أو نادراً من قبل الطبيب. بدلاً من ذلك، "يستعمل" السريريّ التقانة ويرسل التقارير إلى الطبيب. لقد درس بعض الباحثين الطبيب الخطأ، بتركيزهم على الأطباء الرئيسيين بدلاً

من الاختصاصي مثل طبيب القلب الذي استعمل فعلاً تقانة نظم معلومات الرعاية الصحية. للتوضيح إذا لم يُعرِّف الباحثون بصورة صحيحة المستعمل، فإنّ صحة البحث تصبح موضع سؤال.

وبغية تسهيل البحث عن "مستعمل لنظم المعلومات" في مجال الرعاية الصحية، نقترح القيام بتحليل مبسّط لأصحاب المصلحة في اتخاذ القرار أو التنفيذ بغية تحديدٍ أفضلَ لمستعملي التقانة. تقدم الفقرة التالية عرضاً موجزاً لأبحاث تركّز على "مستعمل IS". ويتبع هذا نقاش حول تحليل أصحاب المصلحة عند تطبيقه على أبحاث نظم المعلومات ضمن إطار الرعاية الصحية للمريض.

أدبيات حول مستعمل IS

لإدراك مفهوم المستعمل، من الضروري أولاً تعريف المستعمل ضمن سياق أبحاث IS. تاريخياً، تعاريف المستعمل نادرة، وهنالك حتى تعاريف أقلّ له ضمن سياق محدد. تصوّر دايفس (Davis, 2002) المستعمل من أربعة منظورات نظرية: الإدراك الموزّع، والفعل القائم، ونظرية النشاط، وبصفته ممثلاً اجتماعياً. وبتعريفه للمستعمل من خلال هذه المنظورات، يقترح ديف يس العلاقات التالية:

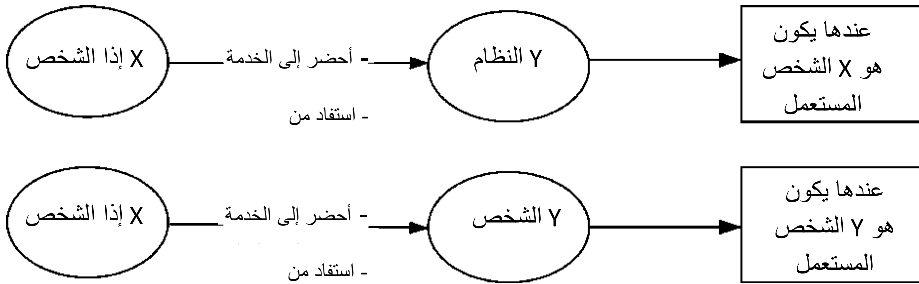
1. يتسبب X بجعل Y يعمل أو يخدم هدفاً.

2. يُحضِر X إلى الخدمة Y.

3. يقوم X باستثمار Y.

إذا أحضر X إلى الخدمة Y، فعندها ينتفع X من Y. يمكننا الافتراض أنّه إذا انتفع X من Y فإنّ X هو أوتوماتيكياً المستعمل. غير أنّ هذا يعتمد على ما إذا كان Y شخصاً أو شيئاً. على سبيل المثال، افترض أنك بحاجة إلى معطيات. ويستطيع أحدهم أن يستخرجها لك، أو تستطيع أنت بنفسك استخراجها آنياً على الخط من قاعدة المعطيات. إذا طلبت من الشخص Y تزويدك بالمعطيات، فعندها يكون الشخص Y هو مستعمل النظام. وأنت متلقي المعطيات وصاحب مصلحة ولكنك لست المستعمل. ولكن،

لو افترضت Y هو نظام. جعلت النظام Y يخدم من خلال إدخالك الأوامر للوصول إلى المعطيات. في هذه الحالة، أنت صاحب مصلحة، ومستعمل، ومتلقي للمعطيات. يفصّل الشكل (1) تعريف المستعمل.



الشكل (1). مخطط تعريف المستعمل

إذا أحضر الشخص X إلى الخدمة الشخص Y، فإنّ الشخص X يستفيد (بصورة غير مباشرة) من الشخص Y. ولذلك فإنّ الشخص Y هو المستعمل. إذا أحضر الشخص X إلى الخدمة النظام Y، فإنّ الشخص X يستفيد (بصورة مباشرة) من النظام Y. ولذلك فإنّ الشخص X هو المستعمل.

لاحظ أنّ هذه التعاريف معروضة بشكلها الأبسط. ومع تزايد التعقيد، يصبح التعريف الحقيقي للمستعمل مشوشاً. على سبيل المثال، إذا طلب الشخص X معطيات من شخص Y الذي قام بدوره بتمرير الطلب إلى شخص Z، يصبح الشخص Z هو المستعمل. في حالات أخرى، يمكن لشخص X أن يتلقى المعطيات بصورة غير مباشرة، ولكنه يبقى مستعملاً للنظام. على سبيل المثال، لنفترض أنّ فنياً لتخطيط القلب EKG قام بتخطيط القلب لمريض وأرسل المعطيات إلكترونياً إلى طبيب. فإذا وقّع الطبيب على النظام واستردّ معطيات EKG وحلّلها، فإنّ الطبيب هو أيضاً مستعمل للتقانة. غير أنّ

الطبيب لو تلقّى نسخة ورقية فقط من الـ EKG، يكون الطبيب متلقياً للمعطيات فقط. ومن أجل هدف هذا الفصل، نعرّف المستعمل على أنه أي شخص يتعامل مع نظام بهدف القيام بمهمة معينة.

وكما هو متوقّع، هنالك وفرة في الأبحاث المرتبطة بمفهوم المستعمل في أدبيات IS. إنّ نظـرة عامـة علـى خمـس مجـلات مصـنفة الأفضـل فـي مجـال IS (*Communications of the ACM, InformationSystem*s *Research, Journal of Managemen tInformation Systems, Management Information Systems Quarterly, and Management Science*)، يُظهِر أكثر من 350 مقالة معنونة "مستعمل"(Association for Information Systems, 2010). وعلى الرغم من أنّ هذه النظرة العامة المثالية لم تكن شاملة، لكنها تزود بعدد مناسب من المقالات لتصنيف مفهوم المستعمل بغية تحاليل أبعد. إنّ مفاهيم المستعمل الرئيسة في هذه المقالات ضمت قبول المستعمل ومشاركته، ورضاه، وتدريبه، وأداءه، وواجهاته، وحوسبة المستعمل النهائي end user. لقد فحصنا مفهوم المستعمل في كلّ من هذه المجالات لنرى كيف يتصوّر باحثو IS المستعمل. يُظهر الجدول (1) عدد المقالات المتعلقة بالمستعمل في أفضل خمس مجلات IS (Association for Information Systems, 2010).

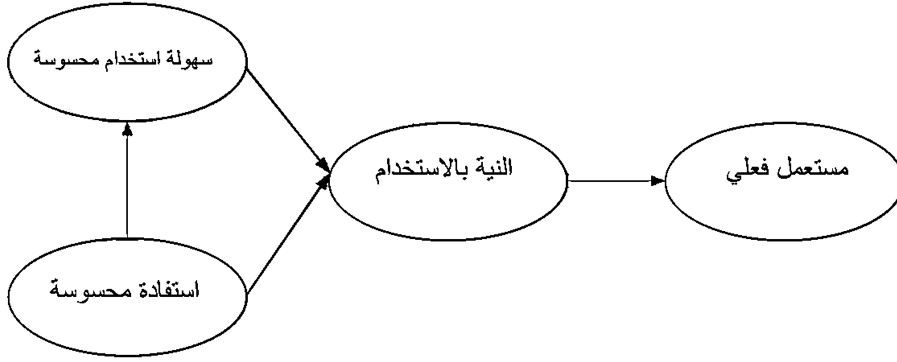
اسم المجلة	Rainer Miller 2005	Lowry et al 2004	Katerattanakul et al 2003	Peffers & Tang 2003	Peffers & Tang 2003	Mylonopoulous & Theoharakis 2001	Whitman et al 1999	Hardgrave & Walstrom 1997	Walstrom et al 1995	وسطي التقدير	الترتيب	المقالات المتعلقة بالمستعمل
MIS Quarterly	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1.11	1	55
Information Systems Research	3	2	2	2	3	3	4	2	3	2.67	2	20
Communications of the ACM	2	5	3		1	2	3	4	2	2.75	3	200+
Management Science	4	4			7	5	2	3	4	4.14	4	24
Journal of Management Information Systems	5	3		3		4	7	5	7	4.86	5	38

الجدول (1): أفضل خمس مجلات: مقالات مرتبطة بالمستعمل (Association for Information Systems, 2010).

قبول المستعمل

إنّ قبول المستعمل هو واحد من أكثر المجالات دراسة في أبحاث نظم المعلومات هو، شو، شينغ و تام (Hu, Chau, Sheng, and Tam, 1999; Ma and Liu, 2004). في هذا المجال، تفحص أبحاث IS كيف ولماذا يتبنى الناس تقانة المعلومات (Venkatesh, 2000). إنّ أهمية قبول المستعمل تكمن في علاقتها الكامنة بنجاح النظام، ونجاح النظام في أبحاث IS يعتمد غالباً على متغيرات مستقلة، أحدها قبول المستعمل (DeLone and McLean, 1992). في الغالب، يعوق عدم رغبة المستعمل بقبول التقانة كلاً من التنفيذ والاستخدام. في أبحاث نظم المعلومات، زوّد استشعار المستعمل لسهولة الاستخدام والفائدة نقطة البداية لقياس القبول (Davis, 1989). يظهر الشكل 2 نموذج قبول المستعمل كما اقتُرحت بداية وعلاقته بالاستعمال الفعلي.

لقد جرى توسيع وتعديل نموذج Davis حول قبول المستعمل من قبل باحثين آخرين، مما قاد إلى تنوّع في المفاهيم الممكنة عن قبول المستعمل. سعى فنكاتيش (Venkatesh et al., 2003) إلى توحيد هذا الموضوع المتشعب من خلال مناقشة ثمانية نماذج مشهورة عن قبول المستعمل ومقارنتها تجريبياً ودمجها. يحافظ النموذج الموحّد على المتحول التابع كما صُمّم بداية. إنّ المفهوم الأساسي المتضمَّن في نموذج قبول المستعمل هو "الاستعمال الفعلي" الفردي لتقانة المعلومات. يمكن لحظُ الاستعمال الفعلي من النموذج كما اقترحه (Venkatesh, 2003) في الشكل (3). يتطابق "الاستعمال الفعلي" كما صُمِّم مع اختبار تعريف المستعمل (Davies, 2002). إنّ الفرد هو الذي يسبب في جعل الحاسوب يؤدي عملاً ويخدم هدفاً، ويحضر الحاسوب إلى الخدمة، ويستفيد من استعمال النظام. وضوحاً، "الاستعمال الفعلي" لتقانة المعلومات هو متطلب في أبحاث نظم المعلومات المتعلقة بنظرية قبول المستعمل. يحتاج هؤلاء الذين يقومون بأبحاث القبول المرتبطة بالرعاية الصحية إلى التحقق في ما إذا كان المشاركون "يستعملون فعلاً" نظام المعلومات.



الشكل (2). نموذج قبول المستعمل (Davis 1989).



الشكل(3). مفهوم الاستعمال الفعلي لقبول التقانة (Venkatesh, Morris et al. 2003).

مشاركة المستعمل

تُعدّ مشاركة المستعمل مجالاً آخر مهماً في أبحاث نظم المعلومات. لقد كان تحليل النظام وتصميمه السياق الرئيسي لدراسة مشاركة المستعمل إيفز و أولسون (Ives and Olson, 1984). يستعمل الكثير من المؤلّفين عبارة "تدخّل المستعمل" "User Involvement" بصورة متكافئة مع "مشاركة المستعمل"(McKeen, Guimaraes, and Wetherbe, 1994).
وقد أدى هذا إلى ارتباك في أبحاث مشاركة المستعمل، مما دفع Barkri وHartwick عام 1989 إلى تعريف مشاركة المستعمل على أنها المساهمة أو أداء دور في تطوير النظام. كما أعادا أيضاً تعريف عبارة "تدخّل المستعمل" ليعني الحالة النفسية

التي يعتبر فيها المستعمل نظاماً ما مهماً وله شخصياً علاقة به. ومنذ ذلك الحين ظهر عند باحثي نظم المعلومات تمايز بين "تدخّل المستعمل" و"مشاركة المستعمل".

تتعاطى مشاركة المستعمل مع المستعملين الرئيسيين للنظام، أو أولئك الذين يستعملون خَرْج النظام (Ives and Olson, 1984). وقد دُعِم هذا من قبل (Powers) و(Dickso) عام 1973 اللذين اقترحا أنّ المستعملين الفعليين هم أولئك الذين يتلقون ويستعملون منتجات مشروع ما، أكثر منه عند باحثي التطوّر. وعليه، يمكن النظر إلى نظرية مشاركة المستعمل في نظم المعلومات على أنها تتعلق بالمستعملين الرئيسيين بمنتجات تقانة المعلومات.

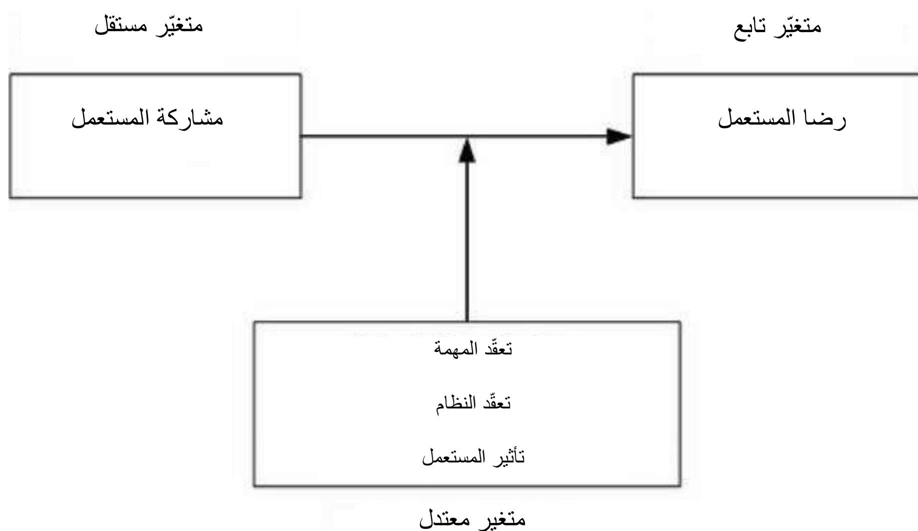
درس ويتيرب وغيماراس وماكين (Wetherbe, Guimaraes, McKeen, 1994) تسعة عشر مقالاً عند تحليل مشاركة المستعمل. لقد فحصوا طبيعة مشاركة المستعمل ودوره، مستنتجين أنّ تطوير نظم المعلومات يتطلّب مشاركة مناسبة للمستعمل عند مرحلة ما وبطريقة تدعم مساهمة فاعلة. إنّ هذه المفاهيم تدعم تعريف دايفس (Davies, 2002). يشارك المستعمل المناسب ويساهم بجلب المعرفة المتعلقة بكيفية وجوب عمل النظام وتأديته لغرض ما، أو بوضعها في الخدمة أو بجعلها متوافرة للاستعمال. ولهذا فإنّ الاستعمال الفعلي للمنتج والخرج لا تطوير النظام يعتبرُ متطلّباً في أبحاث نظم المعلومات المتعلقة بنظرية مشاركة المستعمل.

رضا المستعمل

إنّ رضا المستعمل هو مفهوم آخر دُرس على نطاق واسع من قبل باحثي نظم المعلومات. تنبأ دولون و ماكلين (McLean, DeLone, 1992) أنّ متحولات نجاح نظام تضمّ نوعية النظام، ونوعية المعلومات، والاستعمال، ورضا المستعمل، والأثر الفردي، والأثر المؤسساتي. ويُعدّ غالباً رضا المستعمل بديلاً عن نجاح النظام. يقود التنجيز (Implementation) الناجح إلى رضا أكبر للمستعمل، وفي هذا المنحى من الأبحاث، يُعدّ

رضا الزبون متحولاً غير مستقل. لقد جرى الافتراض بأنّ المشاركة تتبؤ عن رضا المستعمل (McKeen et al., 1994). يظهر الشكل (4) هذه العلاقات. لسوء الحظّ، يتنبأ رضا المستعمل بصورة ضعيفة باستعمال النظام (Wixom and Todd, 2005). وهذا مفهوم. فبعض الناس يستعملون التقانة لأنها مطلوبة لعملهم، لا لأنهم يحبونها ويريدون استعمالها. هناك القليل من "الطوعية" بالنسبة إلى معظم مستعملي نظام الرعاية الصحية الذين هم موظفون يؤدون مهام مهنية (Agarwal and Prasad, 1997). يمكننا أن نناقش مسألة وجود نوع من "الطوعية" بالنسبة للمرضى الذين يستعملون أنظمة الرعاية الصحية في معالجتهم الطبية.

تأخذ أدبيات استعمال النظام وجهة نظر مختلفة عن رضا المستعمل. على سبيل المثال، ادعى شنايدرمان (Shneiderman, 1987) أنّ تصميم الواجهة يحقق فرقاً جوهرياً في رضا المستعمل. في هذا المنحى من البحث، يؤثر التفاعل مع النظام في سلوك المستعمل هلتز و جونسون (Hiltz and Johnson, 1990). يُشتَقّ الرضا من أحاسيس الشخص أو سلوكه تجاه مميزات النظام (Wixom and Todd, 2005). ولهذا، ينبغي على الباحثين في نظم المعلومات المتعلقة بالرعاية الصحية والعاملين في مجال رضا المستعمل الانتباه إلى أنّ أصحاب المصلحة الذين لا يتفاعلون بنشاط مع النظام ليسوا معتبرين مستعملين. في معظم الحالات، يُعدّ المرضى مزوّدين للمعطيات وأصحاب مصلحة، ولكنهم ليسوا مستعملين. غير أنه إذا كان مطلوباً منهم التعامل مع النظام بطريقة ما، يصبحون مستعملين.



الشكل (4). نموذج مشاركة المستعمل

المستعملون في الرعاية الصحية

حصل التبنّي المبكّر للتقانة في سياقات الأعمال بوجود موظفين يستعملون نظماً رئيسية لتحقيق آليات الأعمال الرئيسة مثل المحاسبة ودفع الأجور والميزانيات، وكان المستعملون نموذجياً موظفين يستعملون أنظمة معالجة المداولات لتحقيق عمليات الأعمال الروتينية. وعلى الرغم من أنّ أنظمة إيصال الرعاية الصحية تختلف كثيراً عن إعدادات الأعمال التقليدية، فإنّ الكثير من نظريات نظم المعلومات التقليدية تجد طريقها في أبحاث أنظمة المعلومات للرعاية الصحية شياسون و دايفدسون (Chiasson and Davidson, 2004). لسوء الحظ، يفشل ببساطة الكثير من الباحثين في التزويد بتفاصيل كافية لتأكيد المستعملين الحقيقيين للنظام. على سبيل المثال، يرتبط البحث في مجال الطبّ عن بُعد برضا المستعمل، والتكلفة، والقبول (J.L. Huston and Burton, 1997; T. Huston and Huston, 2000). إنّ التركيز في بعض أبحاث الطب عن بُعد يرتبط باستشعارات المريض، مع أنّ المريض لا يستثمر التقانة. في معظم الحالات، يكون الطبيب و/ أو السريريّ المستعمل في الطب عن بُعد. فإذا كان التركيز على رضا المستعمل أو قبوله

لتقانة معينة، فإنّ من الأنسب أن نتحرّى رأي السريريّ أو الطبيب، لا المريض. غالباً ما يجري تحرّي رأي المرضى حول قبولهم لأنظمة الفيديو عن بُعد بينما هم مشاركون طبيون غير مستعملين أو ببساطة مجرد فاعلين في المجتمع (Lamb and Kling, 2003; Wong, Hui, and Woo, 2005). لقد درس بعض الباحثين المرضى بصفتهم مستعملين عندما كان هدفهم تحديد دقة تقانة معينة (Baba, Seckin, and Kapdagli, 2005). في معظم الحالات، لم يكن عند المرضى أي معرفة بدقة التقانة، فهم ببساطة مصدر المعطيات. يجب أن يبقى في ذهن الباحثين في نظم المعلومات المتعلقة بالرعاية الصحية أنه ليس جميع أصحاب المصلحة هم مستعملون. فبعضهم يمكن أن يشارك في دور معين أو فعل، ولكنهم ليسوا بالضرورة مستعملين ضمن ذلك السياق المعطى أو خلال فترة زمنية.

هنالك موضوع بحثيٌّ شائع آخر في أبحاث الطب عن بُعد وهي تدخّل المستعمل. في فحصٍ للطب الشعاعي عن بُعد، يجادل تشو (Chau, 1996) أنّ قبول المستعمل مرتبط بقوة بتدخّل المستعمل، وفي دراسته هذه، جرى تحديد الأطباء بصورة صحيحة على أنهم مستعملون للتقانة. وكان هناك ذكر بسيط للمرضى باستثناء وجهة نظر الرعاية بالمريض، وإدارة المريض، وصور المريض. من الواضح أنّ دور المريض كان ذاك الخاص بصاحب المصلحة ومصدر المعطيات، ولكنه ليس المستعمل.

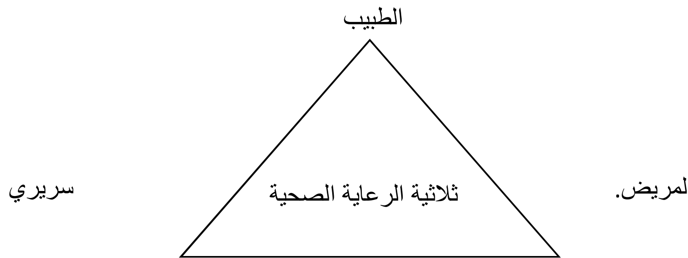
استعمال دراسة تحليلية لأصحاب المصلحة بغية تحسين تحديد المستعمل

ندّعي أنّ أولئك الذين يقومون بأبحاث متعلقة بنظم المعلومات في إطار الرعاية الصحية عليهم أن يلتزموا بدراسة شاملة حول أصحاب المصلحة. إنّ تحليل أصحاب المصلحة هو مقاربة مستعملة لتحسين فهم "السلوك، والنوايا، والعلاقات البينية، والاهتمامات" (Varvasovszky and Brugha, 2000) للأفراد و/أو المؤسسات بحكم ارتباطهم بقرار معين أو بتتجيز محدد. هذه المعلومة سوف تحقق عدداً من الأهداف. فمثلاً، يمكن استخدامها لتطوير أهداف، أو استراتيجيات، أو سياسات، أو للمساعدة في تقييم أو تأسيس تقانة معينة. هدفنا الأساسي من استعمال دراسة تحليلية لأصحاب المصلحة هو تحديد

المستعمل الفعلي في الرعاية الصحية ضمن الأبحاث المرتبطة بنظم المعلومات. إنّ محاولة قياس قبول المستعمل، أو مشاركته، أو رضاه تكون بلا جدوى إذا كان الخاضعون للاستقصاء ليسوا المستعملين الفعليين للنظام، وعند تقييم تقانة مستعملة في معالجة المرضى، فإنّ أصحاب المصلحة الثلاث هم الأطباء، والسريريون، والمرضى. ووفقاً للحالة، يمكن أن يكون المستعمل هو واحد أو أكثر من أفراد ينتمون إلى أيّ من هذه الفئات أو جميعها. وضوحاً، إذا كنا نبحث عن الشخص أو مجموعة الأشخاص الخطأ، فلا يمكننا أن نتوقّع الحصول على نتائج مقبولة أو ذات صلة.

عند تطبيق دراسة تحليلية لأصحاب المصلحة، من المفيد رؤية الثلاثية المريض والسريري والطبيب لتحديد أدوارهم الفردية. يظهر الشكل (5) العلاقات بين هؤلاء الفاعلين، إضافة إلى أدوارهم الممكنة.

1. مفسِّر لموارد المعطيات
2. الدور قد يكون رئيسياً أو ثانوياً من خلال السريريين
3. الاستعمال قد يكون طوعياً أو لا، إما بصفة موظّف أو رجل



1. دائماً هو مورد للمعطيات
2. الدور قد يكون فاعلاً أو سلبياً
3. الاستعمال نموذجياً طوعي، مُجبَر بالمرض أو الأسرة أو

1. مختبِر لموارد المعطيات، قيمة مضافة
2. الدور عادة وسيطي، وربما مفسّر
3. الاستعمال غير طوعي لأنه شرط التوظيف

الشكل (5). ثلاثية الرعاية الصحية

اقترح بولودي (Pouloudi, 1999) المبادئ التالية لسلوك صاحب المصلحة، مقترحاً أنّ هذه الأساسيات يمكن أن تساعد في تحديد أصحاب المصلحة ضمن مؤسسة ما وفي سياق معين:

1. إنّ مجموع وعدد أصحاب المصلحة متعلّق بالزمن والسياق.

2. يجب عدم عزل أصحاب المصلحة عن بعضهم عند تحديد أدوارهم.

3. يمكن أن يتغير دور صاحب مصلحة معيّن مع الزمن.

4. يمكن لصاحب المصلحة أن يكون له أدوار متعددة ضمن سياق معين أو فترة من الزمن.

5. ليس لجميع أصحاب المصلحة الرؤية ذاتها والتطلعات نفسها.

6. يمكن لأصحاب المصلحة أن يغيّروا من رؤيتهم أو تطلعاتهم مع مرور الوقت.

7. قد لا يستطيع أصحاب المصلحة أن يلبّوا احتياجاتهم أو رغباتهم.

عند القيام بأبحاث مرتبطة بنظم المعلومات في إطار الرعاية الصحية، يحتاج جميع أصحاب المصلحة المشاركين أن يُقيِّموا. إنّ التقانة، وما تحاول المجموعة إنجازه، وكيفية تفاعلهم يملي نشاطهم ويساعد في تحديد إذا كانوا هم فعلاً مستعملون للتقانة. فمثلاً يمكن لطبيب يقوم بمعاينة قلبية أن يطلب مساعدة عدة سريريين لتقييم وضع المريض. يمكن لأحد السريريين أن ينجز تخطيط قلب بالصدى، بينما يقوم آخر بتخطيط قلب كهربائي. ويمكن لنتائج كلا الآليتين أن تغذيا نظام المعلومات بالمعطيات. وبدوره يمكن للطبيب المعاين أن يتفاعل مع حزمة من البرمجيات التجميعية التي تركِّب عدة مُدخَلات من المعطيات للمساعدة في تقييم وضع المريض. هذه الحالة تربط كحد أدنى بين أربعة من أصحاب المصلحة: الطبيب المعاين، وسريريين، والمريض. غير أنهم ليسوا جميعهم مستعملين. إذا استعمل الطبيب فعلاً البرمجية للمساعدة في التشخيص، أو إذا

كانت نتائج التشخيص قد عُرضَت في مصاغة أو في قاعدة زمن مختلفة عما هو عليه الوضع إذا لم يكن النظام متاحاً، فإنّ الطبيب يُعدّ أيضاً مستعملاً. غير أنه إذا لم يكن هنالك أي فرق من جهة الزمن أو السياق، فإنّ الطبيب للمعطيات لا مستعمل. وإذا لم يغيّر إدخال التقانة من مهمة السريريين بأيّ طريقة، فإنهما ليسا مستعملَين. أما إذا احتاجا إلى إنجاز بعض المهام بغرض نقل المعطيات من التجهيزات الطبية إلى نظام المعلومات، فهما مستعملان. أو أنّ نقل المعطيات الفعلي قد يكون شفافاً (أي أنّه لا يتطلب تدخل السريري). إذا أدت هذه الشفافية إلى اختزال فعلي في المهام التالية، مثل طباعة نسخات من الـ EKG ونقلها فيزيائياً إلى الطبيب، فعندها يُعتَبر السريريان مستعملين. في كلّ من هذه الحالات، يكون المريض مصدراً للمعطيات لا مستعملاً.

يحتاج أيضاً الباحثون إلى أن يكونوا واعين إلى أيّ نوع من الأطباء عليهم أن يبحثوا. في المثال أعلاه، الطبيب الاستشاري القلبي قد يكون أو لا يكون مستعملاً. إلا أنّ الطبيب الرئيسي للمريض هو على الأغلب متلقّ للمعطيات، ولديه معرفة قليلة جداً عن التقانة المستعملة في الوصول إلى و/ أو تشخيص معطيات المريض.

عند فترات زمنية مختلفة، يمكن للمريض أن يؤدي دور مصدرِ المعطيات والمستعمل في آنٍ معاً. خذ حالة مريض بالسكري جرى تشخيص مرضه حديثاً. في البداية، يقوم التقني بسحب الدم من المريض (مصدر المعطيات) ويُدخِل العيّنة إلى مقياس غلوكوز الدم الرقمي لتحليل مستوى سكر الدم لدى المريض. في هذه الحالة، يكون السريري (أو ربما الطبيب) المستعمل، ويكون المريض هو مصدر المعطيات. في نهاية المطاف، يمكن للمريض أن يتعلم مراقبة مستويات الغلوكوز لديه. يمكن للمريض أن يسحب الدم، ويستعمل مقياس الغلوكوز، ويُدخِل القراءة إلى نظام معلومات. في هذه الحالة، يكون المريض مصدراً للمعطيات ومستعملاً في آنٍ واحد.

إجراء دراسة تحليلية لأصحاب المصلحة

اقترح بروغا وفارفاسوفسكي (Brugha, Varvasovszky, 2000) بمراجعة ما يلي قبل القيام بدراسة تحليلية لأصحاب المصلحة:

1. الهدف والبعد الزمني (الماضي، أو الحاضر، أو المستقبل) لإجراء دراسة تحليلية لأصحاب المصلحة.

2. الإطار الزمني والموارد المتوافرة.

3. السياق والخلفية.

4. المستوى (المحلي، المناطقي، الوطني، الدولي) للدراسة التحليلية.

يمكن إنجاز دراسة تحليلية لأصحاب المصلحة، بالاعتماد على قيود الموارد والزمن، من قبل فرد أو مجموعة. من الأفضل عادة القيام به من قبل مجموعة، خصوصاً عندما يكون تحديد أدوار أصحاب المصلحة ليس واضحاً. وواحدة من أولى مراحل تحديد أدوار أصحاب المصلحة هي جمع المعطيات عن التقانة وكيفية استخدامها وتتجيزها. تسمح هذه الآلية للمحلّل(ين) ليس بأن يتعلموا المزيد عن الآلية القائمة فقط، بل أيضاً بالحصول على معلومات مرتبطة بنزاع و/ أو تحالف محتمل بين أصحاب المصلحة (Blake, Massey, Bala, Cummings, and Zotos, 2010; Jepsen and Eskerod, 2009; Mantzana, Themistocleous, Irani, and Morabito, 2007; Pan and Pan, 2006; Peltokorpi, Alho, Kujala, Aitamurto, and Parvinen, 2008).

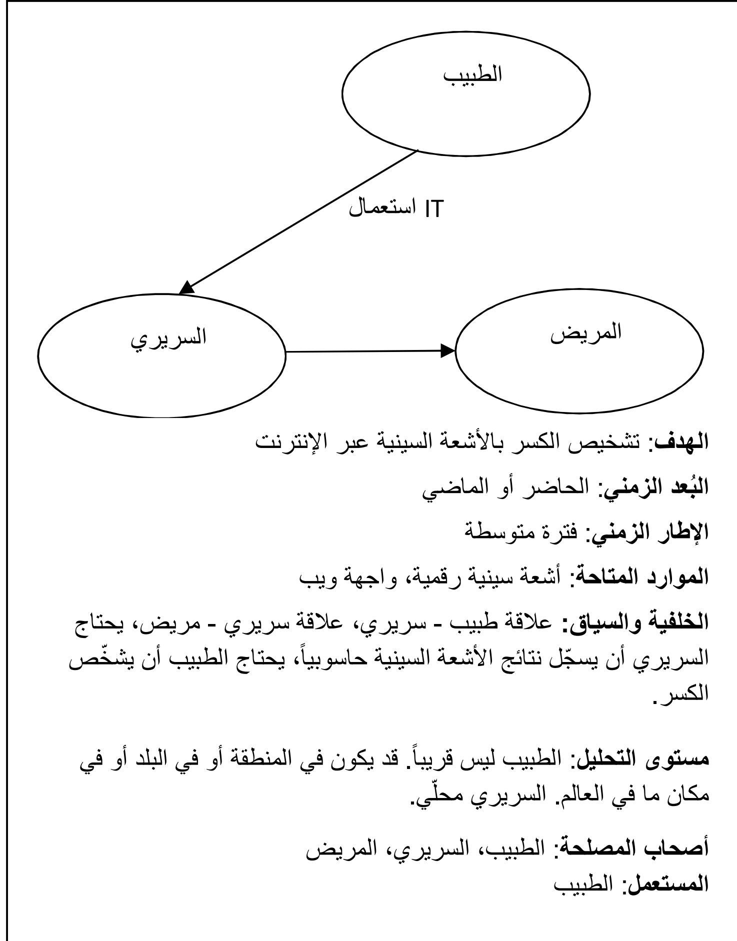
أمثلة من الرعاية الصحية بالمريض لتحديد المستعمل(ين)

باستعمال مقترحات (Brugha ,Varvasovsky, 2000) عند الدراسة التحليلية لأصحاب المصلحة، نعطي أمثلة عن حالات يكون فيها المريض و/ أو السريري و/ أو الطبيب مستعملين في نظم المعلومات المتعلقة بالرعاية الصحية (الأشكال 6–11). يجب أن يكون الباحث مدركاً أيضاً لمبادئ بولودي (Pouloudi, 1999)، متذكّرين أهمية الهدف والزمن والسياق ومستوى التحليل. بصورة أساسية، قبل القيام ببحث عن المستعمل، يجب على

الباحث أولاً الإجابة عن الأسئلة مَن وماذا وأين ومتى وكيف ومن هم أصحاب المصلحة؟ وما هو الدور الذي يؤدونه؟ هل هناك أي ظروف يمكن أن يتغير فيها دورهم (مستعمل، مزوّد بالمعطيات، متلقّ للمعطيات... إلخ)؟ وإذا كان كذلك، فما هي هذه الظروف؟ وأين يتوضّع أصحاب المصلحة (محلياً، مناطقياً، عالمياً)؟ وهل سيتغير دور صاحب المصلحة إذا تغيّر موضعهم؟ ومتى يقومون بهذا؟ وهل جميع أصحاب المصلحة مرتبطون في الزمن الحقيقي؟ كيف يتفاعل أصحاب العلاقة في ما بينهم؟ كيف يتغير دور صاحب المصلحة مع التغيرات في التقانة؟

دراسة تحليلية لأصحاب المصلحة 1: ثلاثة أصحاب مصلحة – ومستعمل وحيد

يمثل الشكل (6) مثالاً عن ثلاثة أصحاب مصلحة هم الطبيب والسريري والمريض، ولكن أحدهم فقط هو المستعمل وهو الطبيب. في هذه الحالة، يستعمل الطبيب الإنترنت (في الزمن الحقيقي) لتقييم المعلومات حول المريض. إنّ بُعد الطبيب يمكن أن يكون مناطقياً أو وطنياً أو دولياً، ولكن طبعاً ليس في موقع وجود المريض. ووفقاً لمبادئ بولودي (1999)، فإنّ كلاً من السريري والمريض المحلي هما أصحاب مصلحة. وبتطبيق تعريف دايفس Davis (2002) فإنّ المستعمل الوحيد الصحيح لأبحاث نظم المعلومات هو الطبيب، أما المريض فهو مصدر المعطيات.

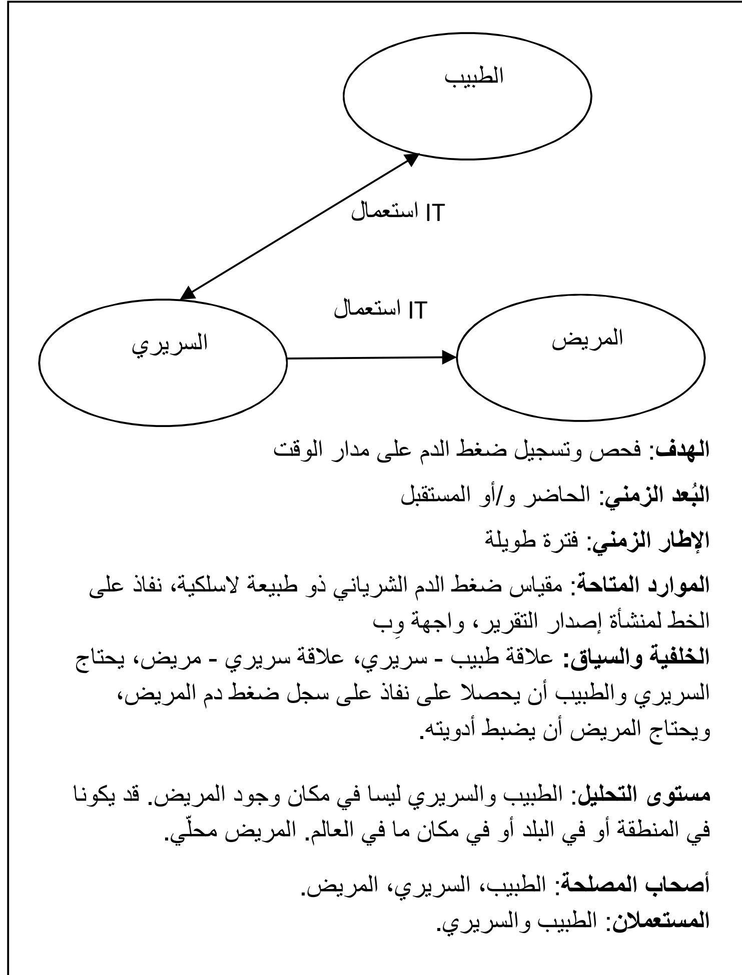


الشكل(6): تشخيص بالأشعة السينية عبر الإنترنت: ثلاثة أصحاب مصلحة – مستعمل وحيد

دراسة تحليلية لأصحاب المصلحة 2: ثلاثة أصحاب مصلحة – مستعملان اثنان

يمكن أن نذكر مثالاً آخر، يشخّص فيه الطبيب ارتفاع الضغط الشرياني المزمن من خلال شبكة الرعاية الصحية. يمكن أن يحدث هذا إما في الزمن الحقيقي أو في البعد الزمني خزّن ثمّ مرّر (Store and Forward). يمكن للسريري أن يستعين بمقياس ضغط

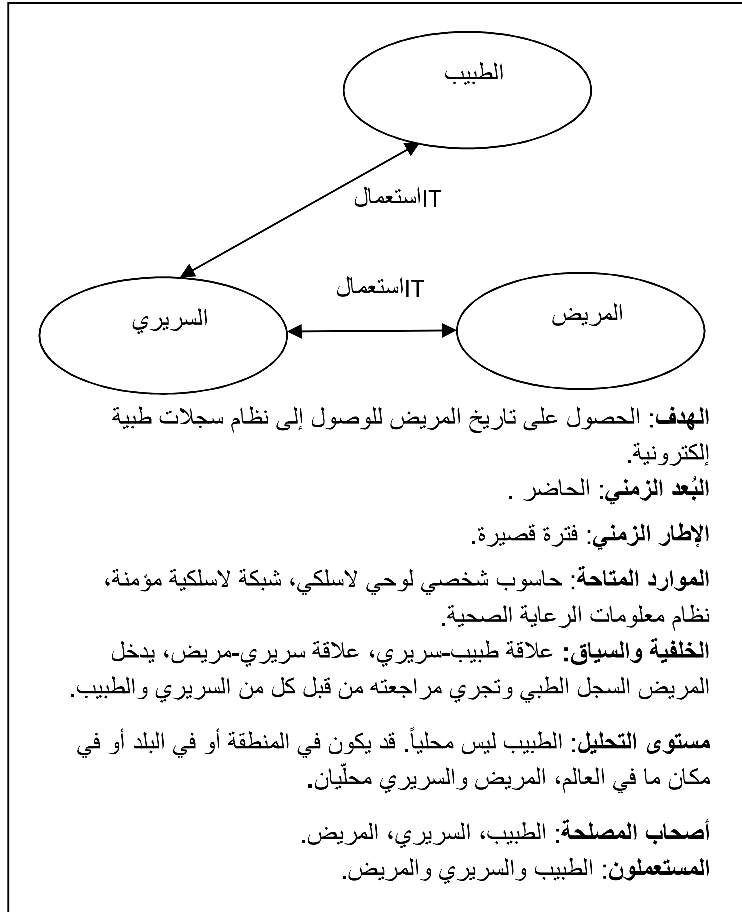
رقمي للحصول على قراءات ضغط الدم للمريض. يمكن لهذه القراءات أن تُخزَّن خلال الزمن لتؤمّن سجلاً لضغط الدم ينفذ إليه الطبيب. يكون المريض فقط مصدراً للمعطيات يخضع للفحص. في هذا المثال، يتفاعل أحد أصحاب المصلحة (المريض) مع مستعمل وحيد (هو السريري) لتزويد مستعمل ثانٍ (الطبيب) بسجل عن ضغط الدم المطلوب. يُعدّ المريض مصدر المعلومات ويكون السريري والطبيب هما المستعملان.



الشكل(7): سجل الضغط الشرياني المرتفع عبر شبكة الرعاية الصحية: ثلاثة أصحاب مصلحة– مستعملان.

دراسة تحليلية لأصحاب المصلحة 3: ثلاثة أصحاب مصلحة – ثلاثة مستعملين

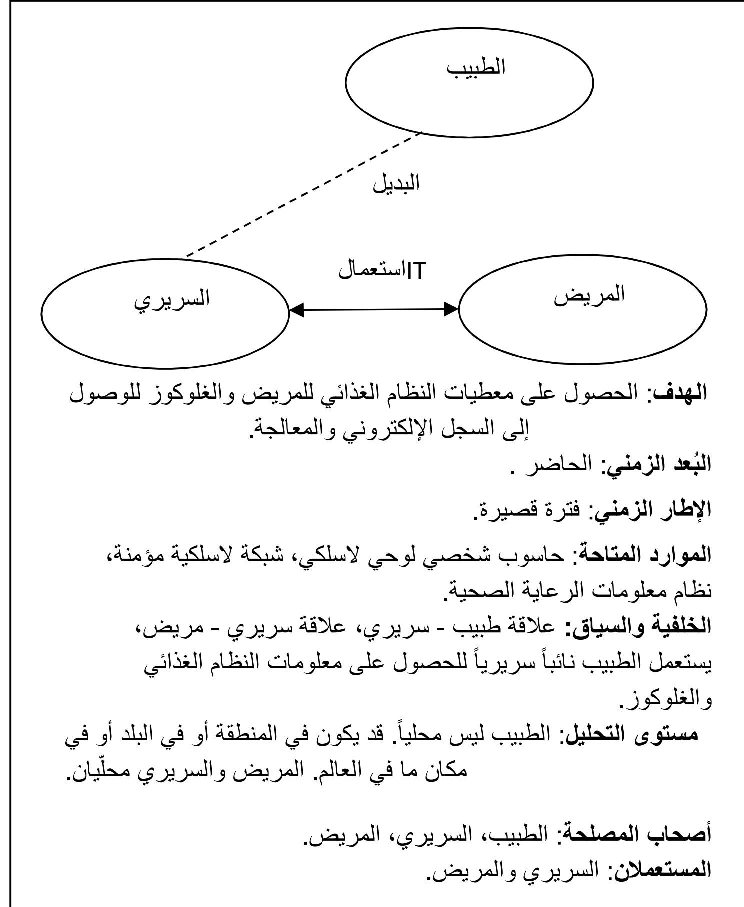
في هذا السيناريو، يستعمل المريض نظام معلومات يعتمد على الإنترنت ويُدخل تاريخه الطبي، فيراجع السريري هذا التاريخ ويتفاعل مع المريض وينصحه. يراجع الطبيب بعدئذ كلاً من تاريخ المريض الطبي ومعلومات ونصائح السريري. ثمّ ينصح الطبيب السريري أن يزوّد المريض بتوصيات إضافية أثناء الجلسة التالية، في هذا السيناريو يكون جميع هؤلاء الثلاثة المريض والسريري والطبيب مستعملين.



الشكل(8): نظام السجل الطبي الإلكتروني المعتمد على الإنترنت: ثلاثة أصحاب مصلحة – ثلاثة مستعملين.

دراستان تحليليتان لأصحاب المصلحة 4 و5 : الطبيب بصفته صاحب المصلحة لا مستعملاً

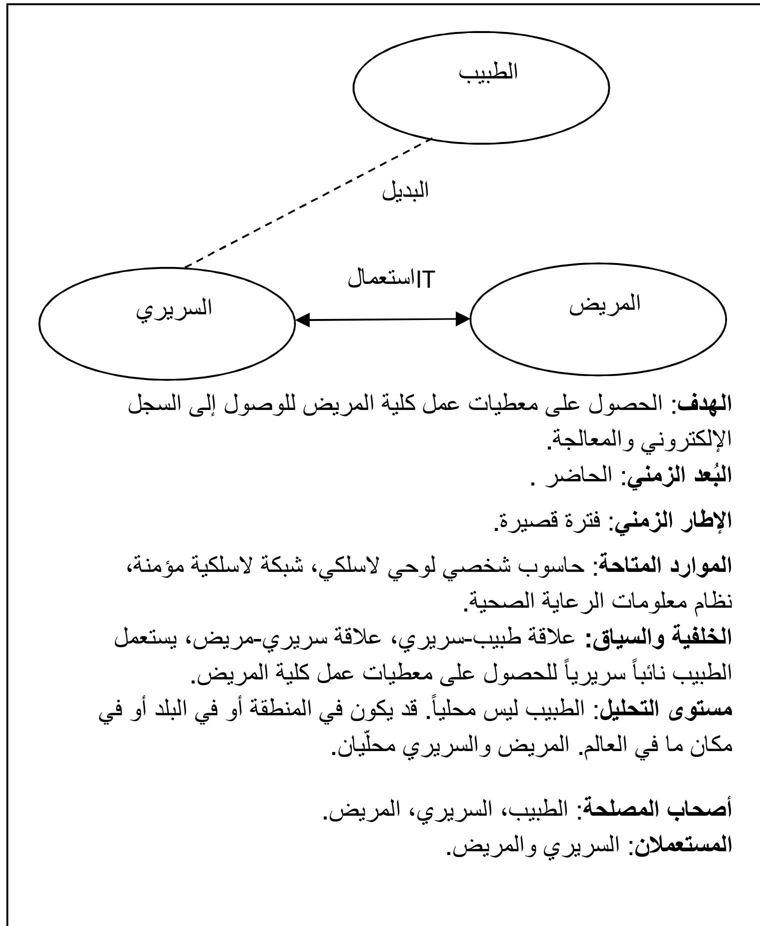
يوظِّف الأطباء غالباً مختصين ليخدموا احتياجات الدعم السريري. في الشكلين (9 و10)، يؤدي الطبيب دور المدير عبر استخدامه لنائب أو بديل سريري بغيةَ تقديم خدمات الرعاية الطبية. في كلا هذين السيناريوهين، يُعدّ الطبيب صاحبَ المصلحة، لا مستعملاً. في الشكل (9)، يتولّى السريريّ مراقبة غلوكوز (سكر) الدم واستجابة المريض لتغيّر النظام الغذائي، ويقوم المريض بإجراء اختبارات الغلوكوز بالرقاقة ويُدخِل القراءات ومعلومات الوجبات إلى النظام المعتمد على الشبكة، ثمَّ يجري الحصول على النظام الغذائي والتاريخ الطبي وتُطبَع للطبيب، الموظِّف. المريض هو مصدر المعطيات. والطبيب هو صاحب المصلحة بينما السريري والمريض هما مستعملا النظام.



الشكل(9): الحصول على سجل النظام الغذائي والغلوكوز: ثلاثة أصحاب مصلحة– مستعملان اثنان.

في الشكل (10)، توجد علاقة بديلة مشابهة. يُطلَب من مريض غير مقيم في المشفى إجراء فحوصات لغسيل الكليتين مرتين في الأسبوع. يولِّد نظام مراقبة غسيل الكليتين مخططات بيانية لعمل كليتيي المريض في إزالة الفضلات ويرسل النتائج إلى موقع بعيد في الوقت الحقيقي. يتفاعل المريض والسريري مع تقانة التشخيص. إنّ

السريريّ هو موظّف عند الطبيب، ويتّصل بالطبيب فقط إذا كانت نتائج عمل الكلية ليست ضمن الحدود المتوقعة.



الشكل (10): نظام مراقبة عمل الكلية: ثلاثة أصحاب مصلحة – مستعملان اثنان.

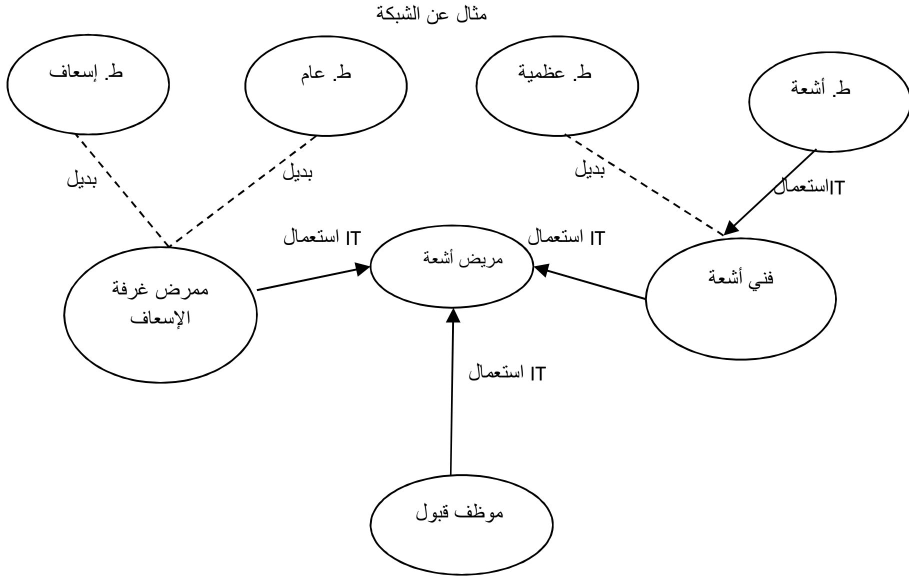
في هذا المثال، من غير المناسب تطبيق نظريات مستعمل نظم المعلومات على الطبيب. الطبيب هو صاحب مصلحة، ولكن السريري والمريض فقط هما مستعملان.

دراسة تحليلية لأصحاب المصلحة 6: شبكة أصحاب المصلحة

بينما يمكن لجميع الأمثلة هذه أن تكون واقعية، فإنه في كثير من الحالات يتطلب إيصال الرعاية الصحية شبكةً من أصحاب المصلحة والمستعملين. يمثّل الشكل (11) هكذا إطار. في هذا المثال، جرى قبول مريض متأذٍّ بشدة إلى غرفة الإسعاف (Emergency Room (ER) بعد حادث دراجة نارية. يقوم كل من ممرضة الإسعاف وطبيب الإسعاف برؤية المريض لتقييم درجة الإصابة. يجري طلب الأشعة السينية، ويُضمَّد المريض ويُراقب، بينما يحصل موظف القبول على هوية المريض ومعلومات عن الضمان بالاستعانة بحاسوب شخصي لاسلكي. في محطة المراقبة الخاصة بالممرضة في الغرفة، تقوم الممرضة المسعفة بإدخال الأعراض والإشارات الأولية للمريض، ثمَّ يجري إعلام الطبييب الرئيسي ويقوم طبيب العظام والمفاصل بتقييم إصابات المريض الهيكلية–العضلية وذلك قبل الأشعة السينية. يصل التقني الخاص بالأشعة السينية ويقوم بالتقاط مجموعة من الصور الشعاعية المطلوبة، ثمّ ينقلها عبر الويب (الشابكة) إلى أخصائي الأشعة الذي يقوم بتشخيص وجود كسر، فيقوم طبيب العظام بتجبير الكسر ويحيل المريض إلى أخصائي ليراه بأسرع وقت.

لا يقوم المريض باستعمال أيّ من التقانات المتعلقة بالإسعاف أو التشخيص أو المعالجة أو التوثيق. بدلاً من ذلك، يكون المريض فقط هو مصدر المعطيات. أما المريض، وممرضة الإسعاف، وموظف القبول، وتقنيّ الأشعة السينية، وطبيب الإسعاف، وطبيب العظام فهم محليون. في حين أنّ طبيب الأشعة، متموضع عن بعد مناطقياً أو وطنياً أو دولياً. ومعظم العمليات تجري في الزمن الحقيقي. من الممكن أنّ طبيب العظام سوف يؤكّد على وجود الكسر، ويخزّن ثمّ يمرّر التشخيص إلى طبيب الأشعة للتقييم في المستقبل القريب. ضمن هذا السيناريو، يوجد ثمانية أصحاب مصلحة: المريض، طبيب العناية الأولية، وطبيب غرفة الإسعاف، وطبيبا العظام والأشعة، وممرضة الإسعاف، وتقني الأشعة السينية، وموظف القبول. من بين هؤلاء جميعاً، أربعة منهم مستعملون فقط وهم طبيب الأشعة، وممرضة الإسعاف، وتقنيّ الأشعة السينية، وموظف القبول. أما

المريض، وطبيب الإسعاف، والطبيب الرئيسي وطبيب العظام فهم مصدر المعطيات– وفي معظم الحالات متلقون للمعطيات، ولكنهم ليسوا مستعملين لأيّ من التقانات، في حين أنّ ممرضة غرفة الإسعاف وتقني الأشعة السينية فهما يعملان بصفتهما بديلين.



الشكل (11): مثال عن الشبكة للمعالجة في غرفة الإسعاف: ثمانية أصحاب مصلحة – أربعة مستعملين.

إنّ مثال الشبكة هو الأفضل تمثيلاً لحالة "العالم الحقيقي"، حيث يتقاسم العديد من أصحاب المصلحة والمستعملين المسؤولية في الرعاية الصحية، ويؤدون تنوعاً في الأدوار ذات التأثيرات المتبادلة، ويعملون ضمن سياق خاص على مدار الوقت.

لاحظ أنّ البيئة التي يجري ضمنها استخدام التقانة يمكن أن تؤثّر في تعريف المستعمل. إذ يمكن أن تملي سياسة المشفى كيفية استخدام التقانة، ومن ثمّ كيفية تحديد المستعمل. لقد زودنا بأمثلة مرتبطة بصورة رئيسة بالطب عن بُعد. الافتراض العام يقوم على أنّ البيئتين ترتبطان بمشفيين أو بمشفى ومكتب الطبيب، غير أنّ الوضع غالباً هو

أكثر تعقيداً (Boonstra, Boddy, and Bell, 2008). يمكن للتقانة أن تعبر حدوداً مثل الرعاية الطبية الإسعافية، والرعاية طويلة الأمد، والعيادات التخصصية، ينبغي تحديد أصحاب المصلحة والمستعملين بصورة صحيحة في كلّ من هذه المرافق وأخذهم في الاعتبار.

الخاتمة

تضم المشاكل الكبرى، المرافقة لتطبيق أبحاث نظم المعلومات على الرعاية الصحية، الافتقارَ إلى فهم الفروق الدقيقة بين مفهوم الرعاية الصحية وسياقها. وأحد أهم المبادئ لهؤلاء الذين يقومون بأبحاث نظم المعلومات هو "اعرف مستعملك". يجب أن يُطبَّق هذا المبدأ على أولئك الذين يقومون بأبحاث الرعاية الصحية. غير أنّ هذه ليست هي الحال غالباً، ما يقود إلى افتراضات غير واقعية تصاحب تحديد المستعمل. لقد عرضنا كيف أنّ تحليلاً مبسطاً لأصحاب المصلحة يمكن أن يساعد الباحث في نظم المعلومات بأن يحدّد المستعمل أو المستعملين الفعليين.

المراجع

Achterkamp, M. C., and Vos, J. F. J. (2008). Investigating the use of a stakeholder notion in projectmanagement literature, a meta-analysis. *International Journal of Project Management*, 26(7), 749–757. doi:10.1016/j.ijproman.2007.10.001

Agarwal, R., and Prasad, J. (1997). The role of innovation characteristics and perceived voluntariness in the acceptance of Information Technologies. *Decision Sciences*, 28(3), 557–582. doi:10.1111/j.1540-5915.1997.tb01322.x

Association for Information Systems. (2010). *MIS journal rankings*. Retrieved October 9, 2010, from http://ais.affiniscape.com/displaycommon.cfm?an=1andsubarticlenbr=432

Avgerou, C. (2001). The significance of context in Information Systems and organizational change. *Information Systems Journal*, 11(1), 43–63. doi:10.1046/j.1365-2575.2001.00095.x

Baba, M., Seckin, D., and Kapdagli, S. (2005). A comparison of teledermatology using store and forward methodology alone, and in combination with Web camera videoconferencing. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 11(7), 354–361. doi:10.1258/135763305774472097

Barki, H., and Hartwick, J. (1989). Rethinking the concept of user involvement. *Management Information Systems Quarterly*, 13(1), 52–63doi:10.2307/248700

Blake, R. T., Massey, A. P., Bala, H., Cummings, J., and Zotos, A. (2010). Driving health IT implementation success: Insights from The Christ Hospital. *Business Horizons*, 53(2), 131–138. doi:10.1016/j. bushor.2009.10.005

Boonstra, A., Boddy, D., and Bell, S. (2008). Stakeholder management in IOS projects: Analysis of an attempt to implement an electronic patient file. *European Journal of Information Systems*, 17(2), 100–111. doi:10.1057/ejis.2008.2

Chau, P. Y. (1996). An empirical assessment of a modified technology acceptance model. *Journal of Management Information Systems*, 13(2), 185–204.

Chiasson, M. W., and Davidson, E. (2004). Pushing the contextual envelope: Developing and diffusing IS theory for health Information Systems research. *Information and Organization*, 14(3), 155–188. doi:10.1016/j.infoandorg.2004.02.001

Davies, G. (2002). *A user by any other name*. Paper presented at the Theoretical Perspectives in Human Computer Interaction.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of Information Technology. *Management Information Systems Quarterly*, 13(3), 319–340. doi:10.2307/249008

DeLone, W. D., and McLean, E. R. (1992). Information System success: The quest for the dependent variable. *Information Systems Research*, 3(1), 60–95. doi:10.1287/isre.3.1.60

DeLone, W. D., and McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean Model of Information System success: A ten year update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9–30.

Field, M. J. (1996). *Telemedicine: A guide to assessing telecommunications in healthcare*. Washington, DC: National Academy Press.

Freeman, R. E. (1984). *Strategic management: A stakeholder approach*. Boston, MA: Pitman.

Galliers, R. D. (1991). Strategic Information Systems planning: Myths, reality and guidelines for successful implementation. *European Journal of Information Systems*, 1(1), 55–64. doi:10.1057/ejis.1991.7

Ginsberg, A., and Venkatraman, N. (1985). Contingency perspectives of organizational strategy: A critical review of the empirical research. *Academy of Management Review*, 10(3), 421–434.

Goldschmidt, P. G. (2005). HIT and MIS: Implications of health Information Technology and medical Information Systems. *Communications of the ACM*, 48(10), 68–74. doi:10.1145/1089107.1089141

Hiltz, S., and Johnson, K. (1990). User satisfaction with computer mediated communication systems. *Management Science*, 36(6), 739–764. doi:10.1287/mnsc.36.6.739

Hu, P. J., Chau, P. Y. K., Sheng, O. R. L., and Tam, K. Y. (1999). Examining the technology acceptance model using physician acceptance of telemedicine technology. *Journal of Management Information Systems*, 16(2), 91–112.

Huston, J. L., and Burton, D. C. (1997). Patient satisfaction with multispecialty interactive teleconsultations. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 3(4), 205–208. doi:10.1258/1357633971931174

Huston, T., and Huston, J. (2000). Is telemedicine a practical reality? *Communications of the ACM*, 43(6), 91–95. doi:10.1145/336460.336481

Ives, B., and Olson, M. (1984). User involvement and MIS success: A review of research. *Management Science*, 30(5), 586–603. doi:10.1287/mnsc.30.5.586

Jepsen, A. L., and Eskerod, P. (2009). Stakeholder analysis in projects: Challenges in using current guidelines in the real world. *International Journal of Project Management*, 27(4), 335–343. doi:10.1016/j.ijproman.2008.04.002

Khoumbati, K., Themistocleous, M., and Irani, Z. (2006). Evaluating the adoption of enterprise application integration in healthcare organizations. *Journal of Management Information Systems*, 22(4), 69–108. doi:10.2753/MIS0742-1222220404

Lamb, R., and Kling, R. (2003). Reconceptualizing users as social actors in Information Systems research. *Management Information Systems Quarterly*, 27(2), 197–236.

LeRouge, C., Hevner, A. R., and Collins, R. W. (2007). It's more than just use: An exploration of telemedicine use quality. *Decision Support Systems*, 43(4), 1287–1304. doi:10.1016/j. dss.2006.02.007

Login, A., and Areas, S. (2007). An empirical examination of patient-physician portal acceptance. *European Journal of Information Systems*, 16, 751–760. doi:10.1057/palgrave.ejis.3000719

Lyytinen, K., and Hirschheim, R. (1988). Information Systems failures—A survey and classification of the empirical literature. In *Oxford surveys in Information Technology* (pp. 257–309). Oxford, UK: Oxford University Press, Inc.

Ma, Q., and Liu, L. (2004). The technology acceptance model: A meta-analysis of empirical findings. *Journal of Organizational and End User Computing*, 16(1), 59–72. doi:10.4018/joeuc.2004010104

Magni, M., and Pennarola, F. (2008). Intra-organizational relationships and technology acceptance. *International Journal of Information Management*, 10(3).

Mair, F., and Whitten, P. (2000). Information in practice: Systematic review of studies of patient satisfaction with telemedicine. *British Medical Journal*, 320, 1517–1520. doi:10.1136/bmj.320.7248.1517

Mantzana, V., Themistocleous, M., Irani, Z., and Morabito, V. (2007). Identifying healthcare actors involved in the adoption of Information Systems. *European Journal of Information Systems*, 16(1), 91–102. doi:10.1057/palgrave.ejis.3000660

Massa, S., and Testa, S. (2008). Innovation and SMEs: Misaligned perspectives and goals among entrepreneurs, academics, and policy makers. *Technovation*, 28(7). doi:10.1016/j.technovation. 2008.01.002

McKeen, J., Guimaraes, T., and Wetherbe, J. (1994). The relationship between user participation and user satisfaction: Investigation of four contingency factors. *Management Information Systems Quarterly*, 18(4), 427–452. doi:10.2307/249523

Mitchell, R. K., Agle, B. R., and Wood, D. J. (1997). Toward a theory of stakeholder identification and salience: Defining the principle of who and what really counts. *Academy of Management Review*, 22(4), 853–886.

Norman, D. (2005). Human centered design considered harmful. *Interaction*, 12(4), 14–19. doi:10.1145/1070960.1070976

Pan, G., and Pan, S. L. (2006). Examining the coalition dynamics affecting IS project abandonment decision-making. *Decision Support Systems*, 42(2), 639–655. doi:10.1016/j.dss.2005.03.001

Peltokorpi, A., Alho, A., Kujala, J., Aitamurto, J., and Parvinen, P. (2008). Stakeholder approach for evaluating organizational change projects. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 21(5), 418–434. doi:10.1108/09526860810890413

Pouloudi, A. (1999). *Aspects of the stakeholder concept and their implications for Information Systems development*. Paper presented at the Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, HA.

Powers, R., and Dickson, G. (1973). MIS project management: Myths, opinions, and reality. *California Management Review*, 15(3), 147–156.

Rawstorne, P., Jayasuriya, R., and Caputi, P. (2000). *Issues in predicting and explaining usage behaviours with the technology acceptance model and the*

theory of planned behavior when usage is mandatory. Paper presented at the International Conference on Information Systems, Brisbane, Queensland, Australia.

Reponen, T. (1994). Organizational information management strategies. *Information Systems Journal*, 4(1), 27–44. doi:10.1111/j.1365-2575.1994.tb00041.x

Ruohonen, M. (1991). Stakeholders of strategic Information Systems planning: theoretical concepts and empirical examples. *The Journal of Strategic Information Systems*, 1(1), 15–28. doi:10.1016/0963-8687(91)90004-3

Shah, S. G., and Robinson, I. (2007). Benefits of and barriers to involving users in medical device technology development and evaluation. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 23(1), 131–137. doi:10.1017/S0266462307051677

Shneiderman, B. (1987). *Designing the user interface: Strategies for effective human computer interaction*. Reading, MA: Addison Wesley.

Van de Ven, A. H. (2005). Advancing research in organizations through learning communities. In Swanson, R. A., and Holton, E. F. III, (Eds.), *Research in organizations: Foundations and methods of inquiry*.

Varvasovszky, Z., and Brugha, R. (2000). How to do (or not to do)...A stakeholder analysis. *Health Policy and Planning*, 15(3), 338–345. doi:10.1093/heapol/15.3.338

Venkatesh, V. (2000). Determinants of perceived ease of use: Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the technology acceptance model. *Information Systems Research*, 11(4), 342–365. doi:10.1287/isre.11.4.342.11872

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D. (2003). User acceptance of Information Technology: Toward a unified view. *Management Information Systems Quarterly*, 27(3), 425–478.

Wixom, B., and Todd, P. (2005). A theoretical integration of user satisfaction and technology acceptance. *Information Systems Research*, 16(1), 85–102. doi:10.1287/isre.1050.0042

Wong, Y. K., Hui, E., and Woo, J. (2005). A community based exercise programme for older persons with knee pain using telemedicine. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 11(6), 310–316. doi:10.1258/1357633054893346

الفصل الثالث عشر

استشعارات رؤية منظِّمة للسجلات الطبية الإلكترونية من قبل عيادات طبية مستقلة

جون ل. ريردون

جامعة هاواي، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

إنّ معدلات الاستعمال والتبنّي الفعلي لتقانة المعلومات في مجال الرعاية الصحية (HIT) بصورة عامة، والسجلات الطبية الإلكترونية (EMR) بشكل خاص هي تحت مستوى التوقعات، على الرغم من أن كليهما يبديان إمكانية المساعدة في حلّ بعضٍ من أكثر المسائل ضغطاً على نظام الرعاية الصحية في الولايات المتحدة. يستكشف هذا البحث الدور الذي تؤديه رؤية منظِّمة شاملة للمجتمع (Organizing Vision) (Ramiller and Swanson, 2003 OV) في تجسيد تصورات تقانة EMR من قبل عيادات طبية مستقلة ومن ثمّ اهتمامها في تبني هذه التقانة واستعمالها. يعرض هذا الفصل OV للسجلات الطبية الإلكترونية من خلال تحليل المعطيات المجموعة باستعمال استطلاع بالبريد لعيادات طبية مستقلة واستعمال تحليل عاملي لفحص الخواص البنيوية ومحتوى الـOV بين العيادات الممسوحة بالدراسة. تضم المساهمة في الجانب النظري اكتشاف إمكانية تطبيق الرؤية المنظمة لراميلر وسوانسون (Ramiller and Swanson, 2003; Swanson

and Ramiller, 2004, 1997) على ابتكارات تقانات المعلومات HIT في أبحاث الرعاية الصحية. تضم المشاركات في مجال الممارسة تزويد متخذي القرارات في HIT بنموذج لمواجهة إدخال ابتكارات التقانة (EMR) في عيادة طبية مستقلة.

مقدمة

يعزّز برنامج التقانة المطوّرة (Advanced Technology Program) (ATP) التابع للمعهد الوطني للمقاييس والتقانة (National Institute of Standards and Technology) (NIST) استعمالَ نظم تقانة المعلومات (Information Technology) (IT) في صناعة الرعاية الصحية بصفتها وسيلة للوصول إلى توفيرات كبيرة في التكاليف، وإلى تحسين نوعية الرعاية الصحية والسيطرة على حصة السوق الإجمالية من المنتجات والخدمات الجديدة والمحسّنة (NIST, 2005)؛ لقد أشار المعهد الطبي (IOM) (Institute of Medicine) أنّ تقانة المعلومات أساسية لتحسين الرعاية الصحية (IOM, 2001)؛ وقد عزّزت الحكومة الأميركية الاستعمال المتزايد لتقانة المعلومات الصحية (HIT) (WHSOU, 2008, 2007) وقد حددت بصورة خاصة مخططاً يسعى للتحقق أنّ لجميع الأميركيين سجلات صحية إلكترونية (Electronic Health Records) (EHR) في نهاية عام 2014 (WHSOU, 2004, 2005, 2006). إضافةً إلى ذلك، فقد وصف حديثاً سكرتير الخدمات الإنسانية والصحية (Health and Human Services) (HHS) مايك ليڤيت (Mike Leavitt) كيف أنّ السجلات الطبية الإلكترونية يمكن أن تساعد في الاقتصاد الكلي (الماكروي) بطريقة التعويض المالي للعيادات الطبية الصغيرة مما يسهّل تحسين إيصال الرعاية الصحية (Burda, 2008).

بالرغم من هذه التوقّعات العالية لقيمة الـIT في مجال الرعاية الصحية، فإنّ استعمال HIT في الولايات المتحدة منخفض في العدد الكلي للمتبنيّن لها إضافة إلى مدى الاستعمال الفعلي (Poon et al., 2006; Johnson, Pan, and Middleton, 2002). تُظهِر

الدراسات من مركز دراسة تغيير النظام الصحي (Health System Change) (HSC) وجودَ تباين واسع في تبنّي تقانة المعلومات في العيادات، وخصوصاً حسب إطار العيادت الطبية والحجم والاختصاص. وهكذا خلال الفترة الزمنية من 2004 إلى 2005 فإنّ الأطباء في إطار العيادات التقليدية، أي تلك التي تضم بصورة رئيسة طبيباً أو مجموعة صغيرة نسبية من العيادات، حيث تتلقى الغالبية العظمى من الأميركيين الرعاية، قد أشاروا إلى أنّ ممارستهم تحصر استعمال الـ IT في خمسة حقول من الوظائف السريرية: الحصول على إرشادات المعالجة (65%)، والنفاذ إلى ملاحظات المريض (50%)، وكتابة الوصفات الطبية (22%)، وتبادل المعطيات السريرية مع أطباء آخرين (50%)، وتبادل المعلومات مع المشافي (66%) (Cory and Grossman, 2007). ولمّا كان أولئك الأطباء الذين لديهم نفاذ إلى الـ IT لأجل النشاطات السريرية الخمسة مجتمعة هم معتبرون فقط بأنّ لديهم EMR، فإنّ تبنّي EMR المؤسس على غياب الدعم هو موضوع مهم بالنسبة إلى العيادات الصغيرة. أي إنّ، أعلى المستويات من دعم IT لرعاية المريض هي نموذجياً موجودة لدى العاملين في عيادات مؤسسة العناية بالصحة (Health Maintenanc Organization) (HMO)، يلي ذلك كليات مدارس الطب وعيادات المجموعات الكبيرة (Johnson, Pan, and Middleton, 2002).

وعلى وجه الخصوص، فإنّ تبنّي EMR واستعمالها من قبل عيادات طبية مستقلة هو أقل من التوقّعات. فمثلاً، في استطلاع عشوائي غير فيدرالي، لأطباء ضمن عيادات تقدم رعاية مباشرة للمريض، وجد بورت وآخرون (Burt et al., 2007) أنّ 24% فقط من الأطباء استعملوا EMR في عياداتهم؛ وفي استطلاع لأطباء الرعاية الأولية وجد ميناشيمي وبروكس (Menachemi and Brooks, 2006) أنّ 24% إجمالياً أشاروا إلى أنهم يستعملون EHR في عياداتهم؛ وفي استطلاع وطني ممثِّل لعيادات الأطباء، وجد غانز وآخرون (Gans et al., 2005) أنّ 14% من العيادات يستعمل EMR. إضافة إلى ذلك، وبينما أظهرت تقديرات حديثة حول تبنّي EMR أنّ العدد الفعلي للاعتمادات قد

ارتفع من 105,500 طبيب إلى 130,000 طبيب، ما تزال هذه الزيادة تمثّل فقط 20% تقريباً من إجمالي الأطباء العامّين (iHealthBeat, 2005).

إنّ هذا التباين الظاهري في تبني IT بصورة عامة، وانخفاض تبني EMR بصورة خاصة ضمن مجتمع العيادات الطبية المستقلة، يؤمّن فرصة خصبة للأبحاث من وجهتي نظر عملية ونظرية. وهكذا فإنّ هذه الورقة تشير إلى استطلاع حول استشعار السجلات الطبية الإلكترونية من قبل عيادات طبية مستقلة من خلال تمديد النموذج النظري عن الرؤى المنظِّمة كما طُوّرت من قبل راميلر وسوانسون (Ramiller and Swanson, 2003). لقد اقترح سوانسون وراميلر (Swanson and Ramiller, 1997) أنّ مجتمعاً متنوعاً ما بين مؤسساتيّ يولّد ويستخدم رؤية منظِّمة لابتكار نظم المعلومات، الأمر الذي يُعَدّ مركزياً بالنسبة إلى انتشارها المبكر وكذلك انتشارها اللاحق. في هذا السياق، تُعدّ الرؤية المنظِّمة "فكرة مجتمعية مركزية لتطبيق تقانة المعلومات في المؤسسات" (Swanson and Ramiller, 1997, p. 460). تحلّل هذه الورقة باستعمال المفهوم النظري من رؤية منظِّمة لابتكارات IT (Ramiller and Swanson, 2003; Swanson and Ramiller, 2004, 1997) كيف تنظر المؤسسات الطبية الصغيرة إلى النقاش الدائر حول EMR من وجهة نظر قابلية فهمها، ووثوقيتها وأهميتها وعدم التوافق مع ما هو موجود من تقانات وممارسات سريرية وإدارية. في الأجزاء التالية من هذه الورقة يجري إعطاء النقاط الرئيسة حول مفهوم الرؤية المنظِّمة وقابلية تطبيقها على تبنّي EMR. بعد ذلك، يجري وصف طريقة الاستطلاع والنتائج. وأخيراً يجري عرض نقاش عن نتائج هذا البحث والخطوات المستقبلية.

مراجعة نظرية

السجل الطبي الإلكتروني

في ما يتعلّق بإدارة موارد المعلومات في الرعاية الصحية، يُعرِّف قسم الخدمات الإنسانية والصحية في الولايات المتحدة تقانة المعلومات الصحية (Health Information Technology (HIT) على أنها الإدارة الشاملة للمعلومات الطبية وتبادلها الآمن بين مستهلكي الرعاية الصحية ومزوّديها (HHS, 2008). يُعدّ السجل الطبي الإلكتروني (EMR) مثالاً محدداً عن HIT الذي هو سجل يعتمد على الحاسوب ويضمّ معلومات الرعاية الصحية (Tang and Mc- Donald, 2001) يضمّ هذا السجل بعضاً وليس بالضرورة كلّ المعلومات الموجودة على السجل الطبي الورقي للفرد. وعلى الرغم من أنّ EMR هو المصطلح المستخدم ليعني الأداة (Artifact) في هذه الدراسة، فإنّ مفهوم السجل المؤسس على الحاسوب (أو المؤسس إلكترونياً) لإدارة معلومات الرعاية الصحية يأتي بأسماء متعددة حسب مكوِّنات وظيفية محددة. إضافة إلى ذلك، فإنّ الـ EMR الشاملة كلّها تتشارك بعدة معالم مشتركة: جميعها يحتوي على قواميس معطيات كبيرة تعرِّف بمحتوياتها؛ وجميع المعطيات ممهورة بالوقت والتاريخ بحيث أنّ السجل يضمّ تاريخاً زمنياً دائماً عن رعاية المريض؛ للأنظمة القدرة على عرض المعطيات بطرق طيّعة، مثل وريقات التدفق والإظهارات البيانية؛ ولها أداة استعلام للبحث وغيره من الأغراض (Dick, Steen, and Dether, 1997).

المنطق وراء الدراسة وأهميتها

يوجد القليل من الدراسات البحثية المؤسسة نظرياً في حقل تقانة المعلومات ضمن مجال الرعاية الصحية (Chiasson and Davidson, 2005) وفعلياً لا توجد دراسات بحثية مبنية على أساس نظري حول عملية تبني وقبول IT المعقد في سياق المؤسسات الصغيرة (Lee and Xia, 2006). إضافة إلى ذلك، فإنّ معظم دراسات HIT، سواء أكانت معتمدة على

النظري أم غيره، قد فحصت مؤسسات كبيرة مثل المشافي (Garrets and Davis, 2006; Ash, Gorman, Seshadri, and Hersh, 2002; Doolan and Bates, 2002; Scubart and Einbinder, 2000) أو درست استشعار HIT واستعماله على المستوى الفردي (Dykes, 2006; Blumenthal et al., 2006; Chau and Hu, 2002). تشير مراجعة للأدبيات أنه لايوجد تقريباً أي دراسات HIT معتمدة على نظريات على مستوى مؤسسات طبية صغيرة. لذلك ليس من الواضح إذا كانت النظريات المطوّرة على مستوى المؤسسات الكبيرة أو على المستوى الفردي قابلة للتطبيق أيضاً على مستوى المؤسسات الصغيرة.

تضمّ أهم العوامل، المميزة والمساهمة في انخفاض معدلات تبنّي EMR في العيادات الطبية المستقلة والصغيرة، التكلفةَ وغيابَ الحوافز المالية، وسوقاً لبرمجيات EMR غير ناضج (Ash and Bates, 2005). وبالطريقة ذاتها، وراء التبني الظاهري لـ EMR، فإنّ الاستعمال الفعلي لـ EMR في العيادات هو مصدر للقلق إذ إنّ ما هو معروفٌ قليلٌ حول سبب نجاح استعمال EMR من قبل بعض العيادات في نهاية المطاف، بالرغم من المعوقات الكبيرة أمام التبني والقبول، بينما لا تنجح بذلك عيادات أخرى (Ash and Bates, 2005). من الواضح أنّه ما لم يجرِ قبول تطبيقات IT بصورة فاعلة ضمن العيادات الصغيرة بطريقة تسمح بتحسين الرعاية الصحية العامة، والوصول إلى مزايا مثل خفض الأخطاء وزيادة في التوفيرات وتحسينات في مُخرجات العيادات فإنّها ستبقى محصورة في إطار تحسينات مؤتمتة متزايدة فقط (Broder, 2005). لذلك فإنّ فهماً أفضل لهذه العوامل التي تسهّل أو تعيق تبني وقبول EMR في العيادات الطبية أساسيٌّ لتحقيق تحسينات محسوسة في الرعاية الصحية من خلال HIT.

القضية هنا هي في اختيار تلك النظريات أو النماذج التي تحسّن فهمنا لنماذج تبني EMR واستيعابها. ولهذه الغاية، فإنّ وحدة التحليل في هذه الدراسة هي العيادة الطبية المستقلة بصفتها مؤسسة لا الطبيب بصفته فرداً متبنياً لابتكار تقني. وهكذا فإنّ طريقة تحليل تعتمد على الفرد مثل نموذج قبول التقانة (Technology cceptance (TAM)

Model) (Venkatesh, Morris, Davis, and Davis 2003) يمكن أن يكون أقلّ فائدة من نموذج يعتمد على المؤسسات ولا سيّما أنّ EMR هي نظام مؤسسات واسعة النطاق. وعلى الرغم من أنّ الطبيبَ مالكَ العيادة يمكن أن يكون صانع القرار الرئيسي في تبني IT، فإنّه من غير المعقول أن يقوم هذا الفرد بتبني EMR واستعمالها من دون أن يقوم بذلك زملاء وموظفون إداريون، والعكس صحيح. ولذلك، فإنّ تبني واستعمال EMR يمكن اعتباره على نحو أفضل قراراً يرتكز على المؤسسة وليس مرتكزاً على قرار شخصي.

المسألة هنا هي أنّ تحديد كيفية قيام مؤسسة أي عيادة طبية مستقلة بتطوير فهم جماعي حول ابتكار لـ IT مثل EMR ليس مهمة سهلة التحقيق. تحتاج المؤسسة إلى مساعدة في التوفيق بين التفسيرات المختلفة وإدراك مفاهيم الابتكار التي سيجري تبنيها من قبل أفراد المؤسسة. جرى اقتراح أنّه باستخدام النموذج النظري عن الرؤية المنظِّمة (Ramiller and Swanson, 2003)، يُمكِن لعيادة طبية مستقلة صغيرة نسبياً أن تُوفِّق بين الإرادات الفردية المختلفة والأفكار المبتدعة والمستنبطة حول الابتكار. وبالتالي يمكن عندئذ لمؤسسة الطبيب أن تموضع نفسها لتقرِّر في ما إذا كان تبنّي واستعمال الابتكار هو من بين المصالح المثلى للمؤسسة حقاً.

الرؤى المنظِّمة لابتكار IT

غالباً ما يتعلم الأفراد والمؤسسات بدايةً عن تقانةٍ مثل EMR من خلال النقاشات والحوارات في إطار المجتمع المحلي وذلك قبل اتخاذ قرار بالتبني والاستعمال. اقترح سوانسون و راميلر (1997) أنّ مجتمعاً مؤسساتيّاً بينيّاً متعدداً يولِّد رؤية منظِّمة (Organizing Vision) (OV) لابتكار نظام المعلومات من خلال نقاشات وحوارات واسعة الجمهور، وهذه الرؤية مهمة لانتشار مبكر ولاحق لنظام المعلومات. إضافة إلى ذلك، عرّف سوانسون وراميلر (1997) OV على أنها فكرة المجتمع الرئيسي لتطبيق تقانة المعلومات في المؤسسات. هذا المجتمع الرئيسي يندمج في حقل مؤسساتيّ بينيّ. وبذلك،

فإنّ الـ OV تصبح رؤية المجتمع للانتظام بطريقة توطّن وتستعمل تقانة معلومات جديدة في بنى وآليات مؤسساتية (Swanson and Ramiller, 1997).

وهكذا فإنّ OV تساعد في شرح كيف أنّ ابتكارات نظم المعلومات تنشأ، وتتطور، وتنتشر مع الزمن ضمن المؤسسات والصناعات. تخدم هذه الرؤية وظائف رئيسة في التفسير والتشريع وفي التنظيم وتعبئة الأدوار والتبادلات الاقتصادية. باختصار، يؤدي النقاش المجتمعي دور محرك تطويري لبناء OV. ضمن هذا المجتمع هنالك عوامل إضافية تساعد في تزويد النقاش بمحتواه وبنيته ودوافعه ووجهته، مثل الأعمال والتجارة، ورؤية للعالم من قبل مزاولي نظم المعلومات، والهدف أو المشكلة المحفِّزة للأعمال، وجوهر التقانة، والآليات المادية للتبني والنشر.

ملمحٌ مفتاحيٌّ للرؤية المنظّمة OV هو أنّ لديها "مساراً" تستطيع من خلاله التغير جوهرياً في الحضور والمكانة والتأثير. فعلى سبيل المثال، جرى استعمال أبحاث سابقة لـ OV لتحديد وتوصيف أنواع جديدة من نظم المعلومات مثل تزويد خدمات التطبيقات (Application Services Provisioning) (ASP) وإدارة العلاقة مع الزبون (Customer Relationship Management) (CRM). لتوضيح ذلك، وجد كوري (Currie, 2004) أنّه مع مرور الزمن فإنّ الحوار الأولي حول الـ OV الخاصة بـ ASP قد جرت الاستعاضة عنه بالشك وعدم الثقة لأنّ الاهتمامات الرسمية الفاعلة بشكل الشركات التكنولوجية الرائدة، والمحللين الصناعيين، والاستشاريين في مجال IT، كانت في نهاية المطاف فاشلة في محاولة نشر ASP ضمن مجتمعات أوسع في مجال الأعمال والاستعمال غير الربحي لنظم المعلومات. يُظهِر بحث كوري أنّ تحليلاً موجهاً إجرائياً حول كيفية تفسير OV، وشرعنتها، وتعبئتها هو أمر أساسي لفهم وشرح كيف أنّ تطويراً غير ناضج لـ OV في مرحلة مبكرة من شأنه أن يعوق تبنيها اللاحق وتوطينها. وبالطريقة ذاتها، استعمل فيرث (Firth, 2001) التحليلَ الخاص بـ OV بصفته أداة لتعقّب انتشار نظام CRM على أنه ابتكار لنظم المعلومات ووجد أنّ المديرين من خلال المشاركة

والتأثّر بحوار حول CRM لا يعملون بمعزل عن التأثيرات المحيطة عندما يعتبرون أمر تبني وتوطين نظام CRM. إنّ هذه الدراسات ذات قيمة لأنها توضّح أنه وعلى الرغم من مساعدة OV في تشكيل كيفية تفكير المديرين في تطبيقهم وممارستهم المستقبلية في مجال حقولهم، فإنّ OV لا تزال تصارع لتحقيق هيمنة في المجتمع بأكمله (Swanson and Ramiller, 1997).

لقد عالج سوانسون ورامبلر (2004) هذا الصراع لتحقيق الهيمنة بافتراض أنّ الأنواع المختلفة من المؤسسات سوف تستجيب بصورة مختلفة لـ OV. فمثلاً، بعض المؤسسات تستجيب "من دون تفكير" للانضمام إلى "الركب" لتتبنّى ابتكاراً، في حين أنّ مؤسسات أخرى تقيّم بحزمٍ مناسبةَ الابتكار لوضعهم الخاص. يقترح أيضاً سوانسون ورامبلر (2004) أنّ المؤسسات تستجيب بصورة مختلفة في مراحل مختلفة من "المسيرة المهنية" لـ OV. بمعنى أنّ المؤسسات قد تكون ميالة لقبول ابتكار من دون انتقاد في المراحل المبكرة، عندما لا يكون معروفاً عنه إلا القليل، وخصوصاً إذا جرى عرض الـ OV بإقناع ضمن المجتمع الحواري. ولبيان ذلك، تحرّى رامبلر وَسوانسون (2003) ضمن دراسة مستكشفة الملامح البنيوية لرؤيات منظّمة كيفية تجاوب منفّذي نظم المعلومات مع الرؤى المنظِّمة في مراحل مهنية مختلفة. بالاستعانة باستطلاع وبمقابلات ميدانية حدّد رامبلر وسوانسون أربعة أبعاد لاستجابة المنفّذ المتركزة على قابلية تفسير الرؤية المنظِّمة، ومعقوليتها وأهميتها وانقطاعها.

تعكس قابلية التفسير مقدار الوضوح والتثقيف الذي وجده المنفذ من عرض الـ OV في النقاشات العامة المرافقة. تتمحور قابلية التفسير حول ملامحٍ مثل الوضوح والترابط، والإنتاجية والتوازن. وتركّز المعقوليّة على التضليلات في النقاشات، مشدّدة بصورة خاصة على عبء الـ OV المصحوبة بإساءات الفهم، والمبالغات، والادعاءات التي هي في غير مكانها. إنّ المواضيع المساهمة في المعقولية موحيةٌ، فمن جهة، هناك الارتباك الصادق والغياب الأساسي للمعرفة، ومن جهة أخرى، هناك الاستعمال المحسوب وحتى المحبط لـ

OV. تجمع الأهمية بين مجموعة متنوعة من الأحكام. أي إنّ الأهمية توحي بقوة التأثير أو خاصية أن يكون لها قيمة واضحة إما عموماً أو في علاقة خاصة وغالباً بوجودها فقط. إضافة إلى ذلك، يجري تصنيف الأهمية في ثلاثة أبعاد فرعية؛ فائدة الأعمال، والقبول العملي، واهتمام السوق. تهتمّ فائدة الأعمال بتفهم "النتيجة" أي، إلى أي مدى يساهم الابتكار في سلسلة القيمة (Value Chain) أو العائد على الاستثمار؟ يتعلّق القبول العملي بابتكارٍ يمكن أن يُوصَّف بأنه دفع تقانيّ أكثر منه سحب احتياجيّ. أي في ما إذا كان انتقال المفهوم الابتكاري إلى التطبيق العملي ما يزال سؤالاً مفتوحاً مما يضعف معنى أهميته الأساسية. وبهذا السياق، تكون الرؤية "بيعاً صعباً" للإدارة، ويمكن لقبولها العملي أن يكون ضعيفاً. ويتعلق اهتمام السوق بالمدى الذي تصبح فيه إشارات السوق مزوّدة بالمعلومات جوهرياً بحيث أنّ غياباً نسبياً لاهتمام السوق يمكن أن يعكس مشاكل حقيقية ودائمة عن القبول العملي. جوهرياً، فإنّ مفهوم أن يكون الابتكار يستحق أو لا يستحقّ اهتمام المجتمع، ومن ثمّ فإنّ اهتمامه مرتبط أساساً بالأهمية التي تلقتها الرؤية. وأخيراً، تتألف الانقطاعية من مفهومين: الانقطاع المفهومي أي مقدار الاختلاف الذي تطرحه الرؤية عن الأفكار والمفاهيم القائمة عن التقانة؛ والانقطاع البنيوي أي مقدار الصعوبات في توطين الابتكار الجديد. وهذه الأبعاد الأربعة من البنية الأساسية لـ OV قد فُحصت في هذه الدراسة.

بأخذنا مقاربة مقارِنة، تُقدِّم دراسة راميلر وسوانسون (2003) افتراضات عديدة بقرائن موثوقة في ما يخصّ ديناميكية المسيرة المهنية لـ OV. فمثلاً تنصّ الفرضية 5 على أنّ "الداعمين والمنتقدين لا يختلفون عن غالبية المجتمع، عادة، في تقييمهم لانقطاعية الرؤية المنظمة" (Ramiller and Swanson, 2003, p. 36). هذا ذو قيمة لأنه بالنسبة إلى صانع قرار إداري، أي تنفيذي في نظم المعطيات في حالتهم، تشير النتائج إلى الطريق نحو موقف أكثر فاعلية ومنهجية ونقداً نحو الابتكارات التي يمكن أن تضع التنفيذي في موقع أفضل ليقوم بقرارات اعتماد مبنية على المعرفة. وبالطريقة ذاتها، فإنّ فهماً للـ OV

المحيطة بتقانة EMR يمكن أن تساعد في وضع العيادة الطبية في موقع أفضل لاتخاذ قرارات مبنيّة على المعرفة باعتماد EMR واستعمالها. وأيضاً، إذا كان صنّاع السياسات مثل المسؤولين الحكوميين، والنقابات المهنية، ومؤسسات الرعاية الصحية الذين يريدون أن يروّجوا لتبني EMR يفهمون كيف يستشعر الأطباء الـ OV المحيطة بـ EMR، لكان بإمكانهم عندئذ اتخاذ إجراءات مثل التعليم العام والتعليم الطبي المستمر (Continuing Medical Training (CME) ليؤثروا بصورة أفضل في هذا الترويج. إضافة إلى صنّاع السياسات يستطيع البائعون أيضاً أن يفهموا على نحو أفضل كيف يروجون لبضائعهم. إنّ موارد أخرى مثل الاستشاريين ودلائل التنجيز التي تجري تعبئتها من خلال OV من شأنها بصورة مشابهة أن تؤمن فائدة كبيرة يمكن من خلالها أن تتحرك المؤسسات لتقلع بالتبني والاستيعاب للتقانة المؤسساتية المعقدة.

الفوائد المحتملة لتبني EMR. هنالك تغطية من مستوى الصحافة المتخصصة وبعض المعرفة الشائعة للعوائق المزعومة أمام تبني EMR مثل التكلفة الأولية للاستثمار، والعائد على الاستثمار، وانخفاض الإنتاجية (Havenstein, 2006)، ولكن هناك القليل جداً من الفحص العلمي لهذه العوائق. ولأنّ التبني واستيعاب تقانة EMR في عيادة طبية مستقلة هو إقلاع مهم، فمن الإلزام أن يعالِج قرار التبني بصورة مناسبة قضايا مثل تكاليف الاستثمار والتغييرات الإجرائية والتشغيلية، ودعم السوق. عندما يكون الابتكار جديداً، أو عندما يكون المجتمع المتبني غير معتاد على الابتكار، فإنّ حواراً على مستوى المجتمع حول الابتكار يؤدي دوراً مهماً في تثقيف المتبنين المحتملين حول قضايا كهذه وإقناعهم. في حالة EMR، وعلى الرغم من أنّ التقانة كانت متاحة منذ وقت، فإنّ معدل التبني بقي منخفضاً ضمن العيادات الطبية المستقلة (Callahan, 2007). تقترح هذه الورقة أنّ الـ OV الخاصة بـ EMR تساهم أيضاً بالنسبة المنخفضة للتبني. وكخطوة أولى في تحرّي هذه الإمكانية، تستكشف هذه الدراسة استشعارات متخذي القرار المؤسساتيين للرؤية المنظِّمة الخاصة بـ EMR باستعمال متحولات الاستقبال المؤسساتية لراميلر وسوانسون

(2003) وهي قابلية التفسير، والمعقولية، والأهمية، والانقطاعية وذلك ضمن عيادات طبية مستقلة.

طريقة البحث

بغية إجراء تقييم تجريبي لاستشعار العيادات الطبية المستقلة للـ OV المتعلقة بـ EMR جرى القيام باستطلاع عبر البريد يتبع إجرائيات محددة في ديلمان (Dillman, 2000) وقد ضمّ الخطوات الرئيسة التالية: رسالة إشعار مقتضبة؛ استبيان أولي؛ بطاقة بريدية للشكر والتذكير؛ استبيان إضافي؛ واتصال أخير. جرى استعمال قائمة بريد لاتحاد الأطباء المستقلين تضم بحدود 780 عضواً. لقد ساعد دعم قيادة الاتحاد وتمويليها للاستطلاع بتأمين نسبة إجابة جيدة ولا سيّما أنّ الأطباء لا يستجيبون عادة للاستطلاعات أولسون، شنايدرمان وأرمسترونغ (Olson, Schneiderman, and Armstrong, 1993). إنّ وحدة التحليل في هذه الدراسة هي مؤسسة الطبيب؛ لذلك كان محدداً على الرغم من أنّ الاتحاد وإلى حد كبير مكوّن من أطباء ممارسين مستقلين بأن يجري تجميع الـ 780 من الأعضاء من الأطباء المستقلين في 567 عيادة مستقلة منفصلة (مؤسسات). ولتحديد أيّ الأطباء يمارسون معاً كمؤسسة وحيدة، جرى استعمال معلومات من قاعدة معطيات الاتحاد (على سبيل المثال، العنوان ورقم الهاتف ذاتهما)، والموارد على الخط حول معلومات الترخيص، والمكالمات إلى موظفي المكتب للتحقق من ترتيبات المزاولة. تراوح عدد الأعضاء ضمن الـ 567 عيادة طبية مستقلة ومنفصلة بين طبيب واحد كحد أدنى إلى حد أقصى يصل إلى 18 طبيباً وبمعدل قدره طبيبين للعيادة. أما حجم العيادة الإجمالي (المكون من الأطباء والموظفين) فقد تراوح بين حد أدنى اثنين (أي الطبيب وموظف فقط) إلى حد أقصى يصل إلى 54 (أطباء مع موظفين) وبمعدل وسطي لحجم العيادة قدره ستة أعضاء. ولأنّ الاستطلاع كان موجهاً فقط للعيادة وكل طبيب عضو جرى تحديده بصفته منتمياً إلى مؤسسة عيادية وحيدة فلم تكن هنالك حالات للحساب المضاعف في النتائج.

ومن بين الرسائل إلى مؤسسات الأطباء الـ 567، لم يعد منها 302 أي 53%، وجرت إعادة 54 رسالة أي 10% ولكن مع رفض المجيبين للمشاركة، وجرت الإشارة على 32 رسالة أي 6% من مركز البريد الأميركي "إعادة إلى المرسل" (لأسباب عديدة مثل التقاعد أو الوفاة أو الانتقال إلى خارج الولاية... إلخ)، في حين جرت إعادة 179 رسالة أي 32% كاملةً ظاهرياً ليجري استعمالها في التحليل. ومن بين الـ 179 رسالة معادة وكاملة ظاهرياً جرى إلغاء 15 رسالة بسبب الإجابات الناقصة، أو الإجابات غير الواضحة، أو لأسباب أخرى. وقد جرى استعمال الـ 164 إجابة الباقية أي 29% في هذا التحليل بالاستعانة بالتحليل العاملي المؤكِّد وذلك لتحديد المدى الذي تؤثّر فيه استشعارات OV لقابلية التفسير والمعقولية والأهمية والانقطاعية على استشعارات تقانة EMR من قبل عيادات طبية صغيرة ومستقلة.

من بين الأطباء المجيبين على الاستطلاع، معظمهم أي (63%) منهم يعملون في عيادات ضمن المدينة (في هونولولو)، و26% منهم يعملون في عيادات في الضواحي، و11% يعملون في عيادات ريفية (في الجزر المجاورة أو في الأجزاء الريفية من أواهو). ونحو 23% منهم يعملون في أكثر من موقع مكتبي أو يعملون في عيادة إضافة إلى مكاتبهم الخاصة. لدى الغالبية منهم (57%) لائحة مرضى أقلّ من 4000، ما يشير إلى الحجم الصغير للعيادات ورجحان العيادات ذات الطبيب الواحد. لقد غطّى المجيبون طيفاً واسعاً من الاختصاصات الطبية مع غالبية في مجال الطب العام، أو الطب الأسري، أوالطب الداخلي، أو طب الأطفال. إنّ هذا التوزيع لأعداد العيادات يتماشى مع التركيب الإجمالي لأعضاء اتحاد الأطباء المستقلين.

إنّ بنود OV المستعملة في هذه الدراسة قد جرى تكييفها عن راميلر وسوانسون (2003) بوضعها في سياق الرعاية الصحية بشكل عام وتقانة EMR بشكل خاص. جرت مناقشة مسودة الاستطلاع مع عدد من خبراء الرعاية الصحية لاستخلاص ردود الأفعال حول الكلمات والصياغة. لقد ضمّ خبراء الرعاية الصحية المدير التنفيذي لاتحاد الأطباء

المستقلين؛ ورئيس مجلس لجنة تحسين الرعاية في اتحاد الأطباء المستقلين؛ وأعضاء من جمعية نظم إدارة المعلومات الصحية (Health Information Management Systems Society (HIMSS)، فرع هاواي؛ وممرض مسجّل لديه خبرة بـ HIT وEMR؛ وزميل مشارك لديه أبحاث وخبرة نشر سابقة في مجالات HIT وEMR. لقد ساهمت تعليقات واقتراحات هؤلاء الأفراد في تحديث الاستطلاع في ما يخص تحسين كلمات أسئلة الاستطلاع وقضايا الصياغة. يجري في الملحقات من I إلى IV توضيح مقارنة بين الأسئلة كما كانت مستعملة في التحليل العاملي من راميلر وسوانسون (2003) وما جرى تكييفه لهذه الورقة.

أُعطيت بعد ذلك نسخة من مسودة الاستطلاع المحدّثة إلى طبيبين مستقلين مزاولين (نتائج هذين الطبيبين لم يجرِ تضمينها في نتائج الاستطلاع) حيث جرى الحصول على المزيد من التغذية الراجعة منهما لتضمين المدة التقريبية لاستكمال الاستطلاع. وعلى وجه الخصوص، جرى طلب المساعدة من الطبيبين لدعم تطوير الاستطلاع من خلال قيامهما بما يلي:

- ملء الاستطلاع كما يريدان إذا كانت الإجابات قد أثّرت في مزاولتهما المستقلة الفريدة في العيادة (ليس كأفراد وليس كأعضاء موظفين في المشفى أو غيرها من مؤسسات الرعاية الصحية ذات النطاق العريض)؛

- تحديد أية أسئلة كانت غير واضحة وغير محددة وبحاجة إلى إعادة كتابة؛

- كتابة أسئلة وتعليقات شعرا بأنها مهمة لإضافتها ولكنها لم تكن معالجة في صياغة أسئلة الاستطلاع المعطاة؛

- التزويد بتغذية راجعة في ما يخصّ المناسبة الإجمالية لكل أنواع الأسئلة، وعددها، والطول التقريبي للاستطلاع أي مدة ملء الاستطلاع

جـرى تضـمين التغذيـة العائـدة مـن الطبيبـين أعـلاه فـي النسـخة الأخيـرة مـن الاستطلاع.

النتائج

في هذا القسم يجري عرض نتائج استطلاع استشعارات الأطباء للرؤية المنظمة لـ EMR ونتائج تحليل عاملي مؤكَّد. إضافةً إلى ذلك، جُعِلت صحة المحتوى في حدّها الأعظم باستعمال إجرائية تكرارية في تطوير الاستبيان. لقد ساعد في تحسين الاستبيان الاستعمال المسبق لأبعاد OV وآراء الخبراء التي تلت في مرحلة تطويرالاستطلاع. وكذلك جرى تقوية الوثوقية والصحة باستعمال مراجعة أدبية واسعة للاستطلاعات في مجال الرعاية الصحية بشكل عام وأبحاث OV السابقة بشكل خاص لتساعد في كتابة الاستبيان وبزيادة كماله باستعمال الإجابات الراجعة من الطبيبين المحددين أعلاه. على سبيل المثال، جرت مراجعة أدوات مُثبَتة سابقاً تخصّ جوانب متعددة من تبنّي EMR واستعمالها مثل: المواقف تجاه تنجيز EMR (Jacob, 2003)؛ والتأثيرات في العناية بالمريض (Marshall and Chin, 1998)؛ وقياس استعمال الأطباء للمعرفة المحيطة، والمواقف تجاه الحواسيب (Cork, Detmer, and Friedman, 1998)؛ واستعمال EMR مع المعاينات للمرضى الخارجيين (Gadd and Penrod, 2001, 2000; Penrod and Gadd, 2001)؛ ومستعملو EMR مقابل غير المستعملين له (Loomis, Ries, Saywell, and Thakler, 2002)؛ وتقييم مقيّمي الطب الأسري لاستعمال EMR (Aaronson, Murphy-Cullen, Chop, and Frey, 2001). إنّ مراجعة هذه الأدوات المثبَتة مسبقاً قد ساعد على إعادة كتابة الأسئلة الأصلية المستعملة من قبل سوانسون وراميلر (2003) لنصل إلى صياغة الأسئلة المستعملة في هذه الدراسة (انظر إلى الملحق).

التحليل العاملي

يتطلّب التحليل العاملي التوكيديّ (Confirmatory Factor Analaysis) (CFA) تسمية مسبقة لأنماط عاملية معقولة من عمل نظري أو تجريبي سابق، ثم يجري اختبار هذه

النماذج البديلة والمعقولة إحصائياً بالإستعانة بمعطيات العينة (Comrey and Lee, 1992). وهكذا، تالياً لعمل تحليل عاملي استكشافي لراميلر وسوانسون (2003) وباستعمال تقديرات مجتمعاتية جرى تشغيل تحليل عاملي بمحور رئيسي باستعمال تقديرات مجتمعاتية جرى تشغيل تحليل عاملي بمحور رئيسي باستعمال (SPSS) (النسخة 14) لتحديد شرعية البنية الكامنة لنموذج OV القائم على ثمانية عشر بنداً لـ OV. الإجابات على البنود 2 و 4 و6 و7 و11 و13 جرى ترميزها عكسياً (rc) قبل القيام بالتحليل العاملي بحيث أن البند قيد الدراسة سيساهم بطريقة موجبة دوماً في تصنيف ترميز الاستطلاع الذي يرتبط به بدايةً.

تمثّل الجداول من (1) إلى (4) النتائج المفصلة للتحليل العاملي وقد جرى الحصول على الصورة المضادة، وKMO واختبار بارتليت (Bartlett) للكروية، ورسم الكومة (Scree Plot) وجرى استعمال (Varimax) في طريقة المجموعة (Group Method). جرى استخدام هذه الانتقاءات لتوليد حلّ باستعمال استخلاص عاملي بمحور رئيس، ثمّ أُخضع لدوران Varimax. لقد جرى الحصول على القيم الذاتية لمصفوفة الترابط في كلا الشكلين الجدوليّ ورسم الكومة (Scree Plot). لقد جرى اختيار أربعة حلول عاملية للتحليل لكونها متوافقة مع نموذج البحث وبحث OV السابق من قبل راميلر وسوانسون (2003). قاس مقياس مناسَبَة الاعتيان لـ (Kaiser-Meyer-Olkin) 0.829 وهو عالٍ نسبياً، لذا فإنّ تحليلاً عاملياً هو بالفعل مفيد للمعطيات. كان اختبار بارليت للكروية في هذه الحالة Sig.=0.000، لذا فإنّ المتحولات في هذه الدراسة مرتبطة ومن ثمّ فهي مناسبة للكشف البنيوي.

في هذا التحليل أربعة عوامل في الحل الأولي لها قيم ذاتية أكبر من الواحد وهي مجتمعة تمثّل 56% تقريباً من التحولية في المتحولات الأصلية وهذا يشير إلى أنّ أربع تأثيرات كامنة مرتبطة بالمعطيات. تشير مجاميع الاستخلاص للحمولات المربّعة إلى التباين المشروح بالعوامل المستخلصة وذلك قبل الدوران بحيث أنّ التحولية التراكمية

المشروحة بالعوامل الأربعة المطلوبة في الحل المستخلَص هي بحدود 44%، باختلاف قدره 12% من الحل الأولي. وهكذا، فإنّ 12% من التغيّر المشروح بالحلّ الأوليّ قد ضاع بسبب العوامل الكامنة الخاصة بالمتغيرات الأصلية والتحولية التي ببساطة لا يمكن أن تُشرَح من قبل نموذج العاملي المقترح. بلغ قياس أَلْفَا كرونباخ (Cronbach) في هذه الدراسة 0.698 وهذا يُعتبَر مقبولاً على المستوى العام 0.7 (مدوّر).

تفسير العوامل

أساساً، يسعى التحليل العاملي إلى الإجابة عن سؤالين أساسيين هما: ما هو عدد المتحولات الكامنة أو العوامل الموجودة؟ ما هي هذه العوامل؟ (Kerlinger and Lee, 2000, p.828). بصورة عامة، المعطيات المحللة هنا تدعم النتائج المحدَّدة في راميلر وسوانسون (2003) بعوامل أربع. تحديداً، باختيار قيمة عتبة قدرها 0.600 لمعيار تحميل العامل، فإنّ قابلية التفسير تعكس مقدار الوضوح والتثقيف الذي تجده العيادة الطبية المستقلة في تمثيلات OV. يشير الجدول (1) إلى أنّ قابلية التفسير تبدو متوافقة مع العامل 4 ومع البند 1 وبمَثّل نمط العاملي قدره 0.679.

الجدول (1). مصفوفة العاملي المدورة لقابلية التفسير.

السؤال	العامل1	العامل2	العامل3	العامل4
1. يسهل الوصول إلى معلومات مفيدة حول ما يمكن لـ EMR أن تقوم به.[rc]	0.240	0.129	0.080	0.679
2. إنّ إيجاد توازن جيد في المعلومات عن ميزات ومساوئ EMR صعب.[rc]	-0.187	0.596	0.015	0.245
3. جرى الاستماع إلى اللاعبين الرئيسيين في اتحادات المهن الطبية (AMA, AAFP,..) بوضوح وقوة حول EMR.	0.303	-0.021	-0.029	0.435
4. هنالك جوانب من EMR لا يمكنك بسهولة أن تفهمها.[rc]	0.004	0.622	0.086	0.122

تكمِّل المعقولية قابلية التفسير، أي إنّ كليهما يدعمان ميزات النقاش المجتمعي الذي يبني الرؤية المنظِّمة ويدعمها. الفرق هو أنّ قابلية التفسير تتعلق بوضوح النقاش وتقديمه لمعلومات، في حين أنّ المعقولية تركِّز على التضليلات في النقاش. تشدّد المعقولية بصورة خاصة على عبء الـ OV مع ما يصاحبها من إساءات الفهم، والمبالغات، والادعاءات التي هي في غير مكانها. وكما يوضّح الجدول (2)، فإنّ المعقولية تبدو مترابطة مع العامل 2 ومع البند 6 وبمَثّل نمط العاملي قدره 0.630.

تجمع الأهمية معاً مجموعة متنوعة من الأحكام متمثّلة بثلاثة أبعاد جزئية من استفادة الأعمال، والقبول العملي، واهتمام السوق. وكما يظهر من الجدول (3)، تبدو الأهمية مترابطة مع العامل 1 ومع البنود 8 و9 و10 و12 مع أمثال نمط العاملي 0.791 ، 0.692، 0.722 و0.601 على الترتيب.

الجدول (2). مصفوفة العاملي المدورة للمعقولية.

السؤال	العامل 1	العامل 2	العامل 3	العامل 4
5. إنّ EMR سوف يجري تبنيها واستعمالها من قبل عيادات طبية مستقلة أسرع مما يبدو أنّ كثيراً من الناس يعتقدون	0.534	0.100	0.033	-0.076
6. يبدو أنّ الكثير مما سمعته حول EMR مشابه للادعاءات المبالغ فيها.[rc]	0.217	0.630	0.227	-0.131
7. جرت مناقشة ما تتألّف EMR حقاً منه على نطاق واسع.[rc]	0.130	0.550	0.305	-0.053

تتكوّن الانقطاعية من بُعدين. تشير الانقطاعية المفهومية إلى مقدار الاختلاف المفهومي الذي تفرضه الـ OV على العيادة الطبية المستقلة، بينما تشير الانقطاعية البنيوية إلى مقدار الصعوبة بالنسبة إلى عيادة طبية مستقلة لتوطّن التقانة فعلياً. وكما يشير إلى ذلك الجدول (4)، فإنّ الانقطاعية تبدو مترابطة مع المعامل 3 والبندين 16 و17 مع مثَّلَي نمط العاملي 0.675- و0.697-.

الجدول (3). مصفوفة العاملي المدورة للأهمية.

السؤال	العامل 1	العامل 2	العامل 3	العامل 4
8. توفّر EMR فرصة كبيرة لتقدم قيمة مضافة للعيادة	0.791	0.030	0.280	0.268
9. تحقق EMR بعض الأشياء الرائعة التي كانت من قبل مجرد حلم	0.692	-0.012	0.065	0.278
10. العيادة التي ستنتظر طويلاً لتستعمل EMR سوف لن تلحق بقريناتها	0.722	0.159	0.075	0.058
11. الضغط من أجل EMR يأتي بصورة رئيسة من الجهات التي لديها شيء لتبيعه [rc]	0.163	0.509	0.271	0.020
12. أنظمة EMR حلولٌ قد وجدت المشاكل الفعلية لتحلها	0.601	0.219	0.122	0.251
13. أنظمة EMR لا تنتقل جيداً إلى العالم الحقيقي [rc]	0.204	0.454	0.402	0.029
14. لا يزال لدى سوق الرعاية الصحية اهتمام كبير بنظم EMR	0.489	-0.134	- 0.057	0.62

الجدول (4). مصفوفة العاملي المدورة للانقطاعية.

السؤال	العامل 1	العامل 2	العامل 3	العامل 4
15. تدعو نظم EMR إلى طريقة في التفكير مختلفة جذرياً بالنسبة إلى العيادة الخاصة من وجهة نظر سريرية	0.202	-0.261	-0.193	-0.208
16. يبدو أنّ أنظمة EMR تتطلب نوعاً من المهارة لاستعمالها الكامل استعمالاً ناجعاً [rc]	0.042	-0.383	-0.675	-0.048
17. إنّ استعمال نظم EMR يقلب أساساً عيادة خاصة رأساً على عقب	-0.180	-0.224	-0.697	-0.047
18. ينخفض كثيراً تعقيد إدارة عيادة خاصة عندما يجري تنجيز EMR	0.385	0.141	0.254	0.240
طريقة الاستخلاص: عاملي المحور الرئيس. تقارب الدوران بعد تسعة تكرارات				

بصورة عامة، تكون بنيةٌ عاملية نظيفةٌ أو بسيطةٌ واضحةً عندما يكون كلّ بند في تحليلٍ عاملي مُثقّلاً عالياً على أحد العوامل ومُثقّلاً انخفاضاً على العوامل الأخرى. بتعديل قيمة العتبة التي قدرها 0.600 لمعيار تحميل العامل، واستعمال عتبة 0.400، فإنّ المعطيات هنا تشير بوضوح إلى أنّ مفهوم OV عن قابلية التفسير يظهر على أنه مُحمّل على العاملين 2 و5؛ وأنّ المعقولية تبدو مثقّلة على كلا العاملين 1 و2؛ وتبدو الانقطاعية مثقّلة على العوامل 1 و2 و3، و تبدو الانقطاعية لا تزال مثقّلة على العامل 3 فقط. يمكن شرح هذه البنية العاملية الأقل نقاوة بأنّ هذا الاستطلاع كان المحاولة الأولى لتطبيق الـ OV على ابتكار تقانة المعلومات في الرعاية الصحية. وعليه، فإنّ بحثاً تالياً من شأنه أن ينتج بنية عاملية أنظف وأبسط.

التحليل الوصفي للاستطلاع

لكلّ من بنود OV الثمانية عشر القائمة على سلّم ليكرت Likert (Babbie, 2005) والمستعملة في الاستطلاع، جرت الإشارة إلى موافقاتها من بُعد OV والعدد والنسبة المئوية للمجيبين في الجداول من 5 إلى 8. وهكذا فإنّ البند 1 "يمكن الحصول بسهولة على معلومة مفيدة حول ما يمكن لنظم EMR أن تقوم به"، يقع تحت بُعد OV عن قابلية التفسير. إنّ بند OV هذا قد أسفر عن 42 أو 26% من المجيبين لم يشيروا إلى موافقة أو عدمها و38 أو 23% مشيرين إلى نوع من الموافقة. إضافة إلى ذلك، تشير الجداول من 5 إلى 8 إلى قياس ملخّص عام وإجمالي عن حالة المجيبين في ما يخصّ الجوهر الأساسي للبند أي الموافقة أو عدمها أو الحياد. لتوضيح ذلك، فيما يخصّ البند رقم 1 تحت قابلية التفسير، لا يوافق المجيبون عادة أنّه يمكن الحصول على معلومة مفيدة حول ما يمكن لنظم EMR أن تقوم به. أي إنه، بطرح الـ 42 إجابة حيادية من الخيار #4، فقد كان هناك 65 إجابة غير موافقة (مجموع الخيارات #1، #2، #3) مقابل 57 إجابة موافقة (مجموع الخيارات #5، #6، #7) ما ينتج منه عدم موافقة شبه إجمالية على أساس البند رقم 1. وبالطريقة ذاتها، بالنسبة للبند رقم 2، يوافق المجيبون أنّ إيجاد توازن جيد في

المعلومات بين مميزات ومساوئ نظم EMR صعب؛ وبخصوص البند رقم 3 لم يوافق المجيبون على أنّ اللاعبين الرئيسيين في الاتحادات المهنية للأطباء (AMA, AAFP,...) قد جرى سماعهم عالياً وبوضوح في ما يخصّ نظم EMR؛ وفي ما يخصّ البند 4، وافق المجيبون على أنّ هنالك جوانب من نظم EMR لا يستطيعون بسهولة فهمها. هذه النتائج مهمة لأنها متوافقة مع أبحاث سابقة في أنّ العيادات الطبية قد حددت المتغيرات التالية بصفتها مورداً للمعلومات عند وضع تصور لمفهوم الـ EMR: الاعتماد على مجموعة منتظمة من المنابع للحصول على معلومات عن نظم EMR؛ ومراجعة الأدبيات؛ وحضور المؤتمرات ذات المعارض؛ واستشارة جمعيات الاختصاص الموافقة (مثل AAFP)؛ والتحدّث مع الأقران والزملاء؛ وزيارة مواقع مرجعية أو مستقلة (Rippen, 2006).

في ما يخصّ المعقولية، لم يوافق على العموم المجيبون أنّ نظم EMR سيجري اعتمادها من قبل العيادات الطبية المستقلة أسرع مما يعتقد كثيرٌ من الناس؛ وقد وافقوا أنّ الكثير مما قد سمعوه عن نظم EMR يبدو وكأنه ادعاءات مبالغ فيها؛ كما وافقوا على أنّ ما تتكوّن منه نظم EMR قد نوقش على نطاق واسع. هذه النتائج متوافقة مع أبحاث سابقة عن أنّ العيادات الطبية قد أظهرت وجود غياب دليل تجريبي قوي عن التكاليف والمزايا المرافقة لـ EMR والدراسات القائمة عن مزايا–التكلفة والمؤسسة على نماذج محاكاة تعتمد على الرأي الخبير والاستقراءات من الموارد الأدبية بصفتها أسباباً للشكّ بمعقولية نجاح EMR (Rippen, 2006).

في ما يتعلّق بمزايا الأعمال ذات الأهمية، وافق المجيبون على هذا الاستطلاع على أنّ نظم EMR توفّر فرصة كبيرة لتزيد من قيمة العيادة، وأنّ نظم EMR تحقّق بعض الأشياء الرائعة التي كانت سابقاً مجرد حلم، وأنّ العيادة التي تنتظر طويلاً لتستعمل EMR سوف تعجزُ عن اللحاق بركب قريناتها. هذه النتائج ذات قيمة لأنّها متوافقة بأبحاث مسبقة في ما يخصّ باستشعارات متغيرات الأعمال في التبني والاستعمال لنظم

EMR. على سبيل المثال، وجد ريبن (Rippen, 2006) أنه من أجل العيادات الطبية الصغيرة تضمّ العوائق الكبرى المستشعرة أمام تنجيز EMR غياب استثمار رأس المال، وتكاليف الصيانة، والعقود المعقدة، وعدم توافر الوقت بينما تضمّ الميزات الكبرى المستشعرة من تنجيز EMR آليات محسنة لقبض أجور المعاينات (Charge Capture)، وخفض في تكاليف النسخ، ومصاريف موظفين مخفّضة ومداخيل مرتفعة. في ما يخصّ القبول العملي للأهمية، وافق المجيبون على استطلاع بأنّ الضغط من أجل نظم EMR يأتي بصورة رئيسة من جهات لديها شيء لتبيعه. مع ذلك، فإنّ المجيبين كانوا حياديين حول نظم EMR بصفتها حلولاً قد وجدت الأسئلة الصحيحة لتحلّها وتنقلها إلى "العالم الواقعي". هذه النتائج معبّرة لأنها متوافقة مع أبحاث سابقةٍ في ما يتعلّق بالتجربة ضمن عيادة فعلية بخصوص تبنّي EMR. على سبيل المثال، سيمونو وزملاؤه (Cimono et al., 1999) حددوا قضايا مثل التحميل المعرفي الفائض، وعدم التوجه، والقبول الأعمى للمعلومات والتوصيات من EMR على أنها عوائق أمام التبني الفاعل. في ما يتعلق بمصلحة السوق من حيث الأهمية، وافق المجيبون على هذا الاستطلاع أنّ سوق الرعاية الصحية لا يزال لديه مصلحة كبيرة بنظم EMR. هذه النتيجة مهمة لأنها متوافقة مع أبحاث سابقة كما أشير إلى مستوى الاهتمام العام لمجتمع الأطباء بالنفاذ اللاسلكي إلى أنظمة EMR. إذ إنّ استطلاع معهد السجلات الطبية قد أشار إلى استعمال متزايد لـ (WiFi)، (WWAN) (الرقمي والتمثيلي)، والاتصال اللاسلكي (WPAN)، مع الاستعمال الغالب لـ (WiFi) (Medical Records Institute, 2007).

في ما يتعلق بالانقطاعية، وافق المجيبون أنّ نظم EMR تتطلب طريقة مختلفة من التفكير حول العيادة الخاصة من وجهة نظر سريرية وأنّ نظم EMR تبدو بأنها متطلبة لنوع من المهارة التقنية في المعلومات الصحية لاستنباط كلّ ما فيها، ولكنهم لم يوافقوا على أنّ نظم EMR تقلب أساساً العيادة الخاصة رأساً على عقب أو أنّ ذلك التعقيد في تشغيل عيادة خاصة ينخفض كثيراً عند توطين EMR. وهذه النتائج جرى دعمها من قبل

أبحاث سابقة قد أشارت إلى أنّ الجمع بين وظيفية ذات تعقيد متزايد، تضمّ واجهات مستعمل محسّنة، وأعداداً متزايدة من التتجيزات الناجحة، وتوقّعات متنامية للمستهلك حول إمكانية النفاذ إلى المعلومات من خلال نظم مؤسسة على الحاسوب، ووعياً متزايداً من قبل الطبيب (أي المستعمل) للوظيفية والمزايا، يجب أن يحدث قبل أن يحصل اعتماد واسع الانتشار لـ EMR (Meinert, 2005).

تفسير بنود الاستطلاع

في ما يتعلّق بقابلية التفسير، تشير إجابات البند إلى أنّ أصحاب المصلحة (أي الوكالات الحكومية، وشركات التأمين، وبائعي البرمجيات، وشركات التدريب، والمنظمات الحرفية... إلخ) يحتاجون إلى القيام بعمل أفضل عند عرضهم لنماذج EMR قبل أن تجد العيادة الطبية المستقلة الرؤية المنظمة الواضحة، والمتوافقة، والغنية، والمتوازنة بما يكفي لتبني EMR. على سبيل المثال، يمكن للحكومة الأميركية أن توفّر دعماً أكبر للعيادة الطبية المستقلة وليس مجرد التصريح فقط بأنّ حوسبة السجلات الصحية، يمكن أن يُجنِّب الأخطاء الطبية الخطرة، وأن يخفّض من التكاليف، كما يمكن أن يحسّن الرعاية (WHSOU, 2004). وبصورة مشابهة، يمكن لشركات التأمين أن تفعل المزيد لعرض المزايا الإجمالية للأطباء نتيجة استعمال EMR حيث يستشعر الكثير من الأطباء أنّ المزايا العملية من استعمال EMR هي لمصلحة شركات التأمين لا للعيادة الطبية (Guadagnino, 2005).

تشير النتائج أيضاً إلى أنّ أصحاب المصلحة يحتاجون إلى القيام بعمل أفضل في إيصال الفاعلية الواضحة (المعقولية) لمفهوم EMR قبل أن تجد العيادةُ أنّ المبالغاتِ وسوء الفهم في الرؤية المنظِّمة قد وصلت إلى حدّ أصغري مقبول لاعتماد EMR، وبينما تشير النتائج إلى أنّ العيادات الطبية تجد أساساً الرؤية المنظمة قادرة على التأثير (مهمة)، فإنّ النتائج كانت نوعاً ما مختلطة فيما يخصّ الانقطاعية. أي إنّ الـ OV تفرض

اختلافاً مفهومياً عن المخططات الفكرية القائمة، وقد انقسم المجيبون على مقدار الصعوبة التي تقترحها الـ OV في تبنّي EMR فعلياً.

إضافة إلى ذلك، وعلى الرغم من أنّ العيادات الطبية التي جرى استطلاعها تبدو أنها قد وجدت نظم EMR مهمة، فإنّ أصحاب المصلحة يحتاجون إلى القيام بعمل أفضل لزيادة استشعار العيادات الطبية لقابلية التفسير والمعقولية مع خفض الانقطاعية. أي إنّ الجانب الرئيس لرؤية منظّمة هو المسيرة التي تتغير من خلالها إلى حد كبير في لفت النظر والبروز والتأثير، وهنا توحي المعطيات بأنّ مفهوم OV ما يزال في طور تشكيل آراء متّخذي القرار الرئيسيين حول تقانة المعلومات في مؤسسات العيادات الطبية المستقلة. وهذا يعني أنّ المعطيات لا تساعد في توضيح مدى الأهمية الذي وصلت إليه رؤية منظمة حول تقانة EMR في مجتمع الأطباء. في الواقع، فقد اقتُرح ومع تقدّم مسيرة OV إلى نقطة الاستشعار الإيجابي بقوة من قبل العيادات الطبية، أنّ الكثير من عوائق تبنّي نظم EMR الظاهرية واستيعابها سوف تتلاشى وستتبنى المزيد من العيادات الطبية استعمال EMR في نهاية المطاف.

محدوديات الأبحاث الحالية

يشير ديلمان (Dillman, 2000) إلى أربع مصادر لأخطاء الاستطلاع: القياس، وأخذ العينات، والتغطية، وعدم الاستجابة. إنّ أخطاء القياس هي نتيجة لصياغة ضعيفة أو لأسئلة معروضة بحيث يجري الحصول على إجابات غير صحيحة أو غير قابلة للتفسير. بالحصول على ملاحظات حول أسئلة الاستطلاع من محترفين في المضمار مثل الأطباء ومختصّين في الرعاية الصحية، من المعتقد أنّ إمكانية وجود خطأ في القياس قد جرى تقليصها.

إنّ خطأ أخذ العينات هو نتيجة مسح بعض لا جميع عناصر مجتمع الاستطلاع. إنّ وحدة التحليل في هذا البحث كانت عيادة طبية مستقلة في ولاية واحدة من الولايات

الأميركية. يمكن أن يختلف الأطباء في هاواي بطرق مهمة عن الأطباء في الولايات الأخرى، مثل التركيب العرقي للمجتمع والنسبة المئوية للعيادات الصغيرة. فالولاية تضمّ تقريباً 4000 طبيب ممارس، وينتمي تقريباً 780 من هؤلاء الأطباء إلى اتحاد الأطباء المستقلين (IPA). إنّ هذا الاتحاد ليس ممثّلاً لجميع الأطباء في هاواي، ولكن من المعتقد أنّ هذه المجموعة نموذجية للمجتمع المتبني في هذه الدراسة.

إنّ خطأ التغطية هو نتيجة عدم إتاحة الفرصة لكل الأعضاء من المجتمع المستطلَع بأن يكون لديهم حظ متساوٍ أو معلوم وغير معدوم بأخذهم كعينة للمشاركة في هذا الاستطلاع، وقد كانت جميع معلومات الاتصال بأعضاء IPA متوافرةً للاستعمال وبالنظر إلى أنّ 32 فقط من 567 استطلاعاً أو 6% قد عادت من قبل خدمة البريد الأميركي بصفة "إعادة إلى المرسِل" فقد جرى الاعتقاد بأن معدل الإعادة هذا يحدّ من إمكانية خطأ التغطية.

إنّ خطأ عدم الاستجابة هو نتيجة لأفراد استجابوا للاستطلاع وهم مختلفون عن الأفراد الممسوحين الذين لم يستجيبوا، على نحوٍ ذي صلة بالدراسة. لم يكن ممكناً تقييم الفروق الديموغرافية ضمن اتحاد العيادات بين المجيبين وغير المجيبين. إنّ معدّل تبني EMR المشار إليه من قبل المجيبين (24%) ما يوحي بوجود انحراف طفيف تجاه متبنّي EMR، بالمقارنة مع الاستطلاعات الوطنية الخاصة بمعدلات تبنّي EMR. وهكذا، فإنّ المعطيات يمكن أن تقدم قبولاً إيجابياً أكبر للرؤية المنظِّمة لـ EMR.

إضافة إلى ذلك، فقد طلب الاستطلاع من الطبيب الأكثر مسؤولية في اتخاذ القرارات المتعلقة بتقانة المعلومات المستعملة في العيادة أن يقوم بملء الاستطلاع. في نهاية الاستطلاع جرى طرح سؤال عمّن ملأ فعلياً الاستطلاع، وقد كانت فئات الإجابات وأعداد المجيبين الموافقة على النحو التالي: طبيب (149)، ممرض (1)، مدير مكتب (9)، عضو موظف مكتبي (2)، عضو موظف IT (1)، وغيرها (2). وحين متابعة تلك العيادات التي أَكْمَل فيها الاستطلاع عضو ممارس غير الطبيب، أشارت الإجابات أنّ

تلك العيادة قد ناقشت الاستطلاع مع الأعضاء الأطباء بحيث إنّ الإجابات على الاستطلاع جرى اعتبارها ممثّلة لوجهات نظر الأعضاء الأطباء ومن ثمّ المؤسسات. إضافة إلى ذلك، في أيٍّ من الحالات لم تجرِ استطلاعات متعددة مقدمة من عيادة واحدة إذ إنّ كل فرد عضو وكلّ مجموعة قد جرى تحديدهم بوضوح قبل إرسال الاستطلاع كما جرى ترقيم كل استطلاع للإشارة إلى المستلم. وأخيراً، يجب أن تؤخذ نتائج التحليل العاملي المؤكِّدة بنوع من الحذر (Dillman, 2000) باعتبار أنّ المعيارين المستعملين في تقييم حُسن المطابقة الإجمالية وتصميم النموذج هما نسبيان لا مطلقان- ببساطة ليس هناك قيم قَطْع محددة بدقة لتقييم مواءمة معطيات النموذج أو حتى وجود مفاهيم عالية الرتبة.

الجدول (5). عناصر الاستطلاع لقابلية التفسير (الأعداد مقابل % حيث 1= غير موافق بقوة مقابل 7= موافق بقوة والوضع في ما يخصّ الجوهر الأساسي للبند أي غير موافق، أو حيادي أو موافق).

البند (رقم السؤال والنص)	الوضع	1	2	3	4	5	6	7	المجموع
1. سهولة الوصول لمعلومات مفيدة حول ما يمكن لنظم EMR أن تقوم به		8%	9%	23 %	26 %	18 %	12 %	5%	100 %
المتوسط 3.9 الوسيط 4 المنوال 4 غير موافق 65 مقابل موافق 57	غير موافق	13	14	38	42	29	20	8	164
2. وجود توازن جيد بين المعلومات المؤيدة والمعارضة لنظم EMR صعب [rc]		5%	5%	15 %	18 %	24 %	26 %	7%	100 %
المتوسط 4.6 الوسيط 5	موافق	9	8	24	30	39	43	11	164

المنوال 6 غير موافق 41 مقابل موافق 93									
3. جرى الاستماع إلى اللاعبين الرئيسيين في اتحادات المهن الطبية (AMA, AAFP,..) بوضوح وقوة حول EMR.		9%	16 %	24 %	27 %	15 %	5%	4%	100 %
المتوسط 3.5 الوسيط 4 المنوال 4 غير موافق 80 مقابل موافق 39	غير موافق	14	27	39	45	24	8	7	164
4. هنالك جوانب من EMR لا يمكنك بسهولة أن تفهمها [rc]		7%	5%	15 %	18 %	18 %	23 %	13 %	100 %
المتوسط 4.5 الوسيط 5 المنوال 6 غير موافق 46 مقابل موافق 89	موافق	12	9	25	29	30	38	21	164

الجدول (6). عناصر الاستطلاع للمعقولية (الأعداد مقابل % حيث 1= غير موافق بقوة مقابل 7= موافق بقوة والوضع فيما يخصّ الجوهر الأساسي للبند أي غير موافق، أو حيادي أو موافق).

البند (رقم السؤال والنص)	الوضع	1	2	3	4	5	6	7	المجموع
5. إنّ EMR سوف يجري تبنيها واستعمالها من قبل عيادات طبية مستقلة أسرع مما يبدو أنّ كثيراً من الناس يعتقدون		13 %	18 %	18%	24 %	12 %	12 %	4%	100 %

المتوسط 3.5 الوسيط 4 المنوال 4 غير موافق 80 مقابل موافق 45	غير موافق	21	30	29	39	20	19	6	164
6. يبدو أنّ الكثير مما سمعته حول EMR يشبه ادعاءات مبالغ فيها [rc]		3 %	6 %	12%	27 %	26 %	18 %	9%	100 %
المتوسط 4.5 الوسيط 5 المنوال 4 غير موافق 35 مقابل موافق 85	موافق	5	10	20	44	42	29	14	164
7. جرت مناقشة ما تتألّف EMR منه حقاً على نطاق واسع [rc]		2 %	5 %	10%	39 %	21 %	13 %	9%	100 %
المتوسط 4.5 الوسيط 4 المنوال 4 غير موافق 29 مقابل موافق 71	موافق	4	8	17	64	35	21	15	164

الجدول (7). عناصر الاستطلاع للأهمية (الأعداد مقابل % حيث 1= غير موافق بقوة مقابل 7= موافق بقوة والوضع فيما يخصّ الجوهر الأساسي للبند أي غير موافق، أو حيادي أو موافق).

البند (رقم السؤال والنص)	الوضع	1	2	3	4	5	6	7	المجموع
8. EMR توفّر فرصة		7%	8%	10	13	25	24	13	100

كبيرة لتقديم قيمة مضافة للعيادة.				%	%	%	%	%	%
المتوسط 4.6 الوسيط 5 المنوال 5 غير موافق 41 مقابل موافق 101	موافق	11	13	17	22	41	39	21	164
9. EMR تجعل محققاً بعض الأشياء الرائعة التي كانت من قبل حلماً فقط.		4%	7%	5%	13 %	31 %	28 %	11 %	100 %
المتوسط 4.9 الوسيط 5 المنوال 5 غير موافق 27 مقابل موافق 115	موافق	7	11	9	22	51	46	18	164
10. العيادة التي ستنتظر طويلاً لتستعمل EMR لن تلحق بقريناتها		8%	13 %	16 %	15 %	23 %	16 %	9%	100 %
المتوسط 4.2 الوسيط 4 المنوال 5 غير موافق 61 مقابل موافق 79	موافق	13	21	27	24	38	26	15	164
11. الضغط من أجل EMR يأتي بصورة رئيسة من جهات لديها شيء لتبيعه [rc]		3%	4%	12 %	26 %	19 %	24 %	12 %	100 %

164	19	39	31	43	20	7	5	موافق	المتوسط 4.7 الوسيط 5 المنوال 4 غير موافق 32 مقابل موافق 89
100 %	1%	12 %	23 %	29 %	21 %	9%	5%		12. أنظمة EMR حلولٌ قد وجدت المشاكل الفعلية لتحلها
164	2	20	37	47	35	14	9	حيادي	المتوسط 4.0 الوسيط 4 المنوال 4 غير موافق 58 مقابل موافق 59
100 %	6%	16 %	16 %	26 %	18 %	12 %	6%		13. أنظمة EMR لا تنتقل جيداً إلى العالم الحقيقي. [rc]
164	10	26	26	42	30	20	10	حيادي	المتوسط 4.0 الوسيط 4 المنوال 4 غير موافق 60 مقابل موافق 62
100 %	13 %	43 %	26 %	13 %	2%	1%	2%		14. لا يزال لدى سوق الرعاية الصحية اهتمام كبير بنظم EMR
164	22	70	42	22	4	1	3	موافق	المتوسط 5.4 الوسيط 6 المنوال 6 غير موافق 8 مقابل موافق 134

الجدول (8). عناصر الاستطلاع للانقطاعية (الأعداد مقابل % حيث 1= غير موافق بقوة مقابل 7= موافق بقوة والوضع فيما يخصّ الجوهر الأساسي للبند أي غير موافق، أو حيادي أو موافق).

البند (رقم السؤال والنص)	**الوضع**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**المجموع**
15. نظم EMR تدعو إلى طريقة في التفكير مختلفة جذرياً بالنسبة إلى العيادة الخاصة من وجهة نظر سريرية		6%	12%	18%	23%	24%	12%	5%	100%
المتوسط 4.0 الوسيط 4 المنوال 5 غير موافق 60 مقابل موافق 67	موافق	10	20	30	37	40	19	8	164
16. يبدو أنّ أنظمة EMR تتطلب نوعاً من المهارة لاستعمالها الكامل استعمالاً ناجعاً. [rc]		4%	12%	15%	13%	30%	18%	8%	100%
المتوسط 4.4 الوسيط 5 المنوال 5 غير موافق 52 مقابل موافق 91	موافق	7	20	25	21	49	29	13	164
17. استعمال نظم EMR يقلب أساساً عيادة خاصة رأساً على عقب		5%	15%	21%	21%	19%	11%	7%	100%

المتوسط 3.9 الوسيط 4 المنوال 3 غير موافق 69 مقابل موافق 61	غير موافق	9	25	35	34	31	18	12	164
18. ينخفض كثيراً تعقيد إدارة عيادة خاصة عندما يجري تنجيز EMR.		12 %	18 %	18 %	25 %	16 %	10 %	1%	100 %
المتوسط 3.5 الوسيط 4 المنوال 4 غير موافق 78 مقابل موافق 45	غير موافق	19	30	29	41	26	17	2	164

أبحاث أكثر عمقاً

جرى الاقتراح أنّ OV الخاص بنظم EMR هو عمل مستمر لتحفيز الأطباء الذين جرى مسحهم في هذه الدراسة للتغلّب على تردّدهم تجاه الاعتماد مقابل عوائق عملية جداً مثل تكاليف الاستثمار العالية مقدماً (Groves, 2007). إنّ بنود الاستطلاع الثمانية عشر المطورة في هذا البحث يمكن أن تكون مفيدة لتقييمات إضافية حول استشعارات الأطباء لتقانة EMR ولتقييم في ما إذا كان "مسار" النظرة المنظِّمة الخاصة بـ EMR يتقدم نحوالمزيد من القبول أو يتراجع باتجاه التشكيك أي، كما قيس بدرجة القبول أو عدمه في الأسئلة المتعددة عن النظرة المنظمة. بالإضافة إلى أنّه قد يلزم القيام بتنقيحات إضافية على الأسئلة لتوليد نموذج أكثر نقاوةً عاملياً. إذ إنّ الأسئلة المستعملة في هذا الاستطلاع قد جرى تكييفها من راميلر وسوانسون (2003) كما هو موضّح في الملحق. لقد جرى وضع تلك الأسئلة الأصلية من قبل سوانسون وراميلر من أجل المديرين في تقانة

المعلومـات وتقانـات المعلومـات العامـة أي، هندسـة البرمجيـات بمسـاعدة الحاسـوب (CASE)، وحوسبة زبـون – مخدِّم، والتجارة الإلكترونيـة. ولمّا كـان الاسـتطلاع الحـالي يتعلّق بتقانة المعلومات الصحية، أي EMR، وهو موجّه لغير مديري تقانة المعلومات أي عيادات الأطباء، فقد جرى الاقتراح بأنه ربما لا يمكن ترجمة بعض الأسئلة بصورة جيدة جداً إلى سياق الرعاية الصحية. إذ قد يتبين أنّ الأسئلة المتعلقة بتكاليف الاقتناء والصيانة المستمرة، وأداء سير العمل، ونتائج المعالجة قد تُثقّل أعلى من تلك الأسئلة المطروحة في البحث الحالي. إنّ تقصياً أعمق لهذه القضايا من شأنه أن يولّد استطلاعاً مصمماً بصورة أفضـل يجـري فيـه الحصـول علـى تصـورات رؤيـة منظمـة عـن EMR مـن قبـل عيـادات الأطباء.

بالرغم من بعض الثغرات في بنود الاستطلاع ذاتها، فإنّه يُتوقّع لنتائج الاستطلاع الإجمالية أن تكون مفيدة في المراحل القادمة في استقصاء تبني EMR واستيعابها من قبل عيادات طبية مستقلة صغيرة. أي إنّ المرحلة القادمة منطقياً هي النظر في ما إذا كانت تصـورات الأطبـاء للرؤيـة المنظمـة لـ EMR تتنبّأ باحتمـال تبنـي EMR فعليـاً. وهذا يمكـن تحقيقه بطريقين: **الأول**، بتحليلٍ يشير في ما إذا كـان هنـاك تصـور إيجـابي علـى مدى أيّ من أبعاد OV مرتبط بقوة بقرار المؤسسة لتبني EMR. يمكن لأبحـاث أعمق أن تشير إذا كانـت هنـاك علاقـة كبيـرة بـين بُعد لـ OV وتبنّـي العيـادة لـ EMR. **ثانيـاً**، يمكـن لتحليـل إضـافي أن يُظهـر إذا كانـت أي مـن أبعـاد OV مرتبطـة بمرحلـة اسـتيعاب الطبيـب أي الاسـتعمال الفعلـي لـ EMR. للتوضـيح، يمكـن تعريـف الاسـتيعاب كسلمّ يبـدأ مـن الـوعي مروراً بالاهتمام والتقصّي الفاعل والتبنّي الأولي وصولاً إلى الاستيعاب الكامل (Fichman and Kemerer, 1997; Cooper and Zmud 1990; Meyer and Goes, 1988; Ettlie, 1980). إنّ تحديد سلّم للاستيعاب مهم لأنّنـا بحاجـة إلـى التمييز بين مجرّد تبنـي التقانـة والاستعمال الفعلي لتلك التقانة. على سبيل المثال طوّر فيشمان وكيميرر (Fichman and Kemerer, 1999) مقياساً عملانياً عاماً مشتقاً من الفرق بين حيازة تقانـة المعلومـات IT

التراكمية وأنماط الانتشار لإدخال مفهوم فجوة الاستيعاب أي الفرق بين مجرد حيازة IT والانتشار الفعلي لتلك التقانة، فقد لاحظ فيشمان وكيميرر أنّ أنماط التبنّي التراكمي تتغيّر وفق الحدث في سيرورة الاستيعاب أو الحيازة أو الانتشار الذي يكون معتبراً أنه حدث التبني الفعلي. يقترح هذا المفهوم عن فجوة الاستيعاب أنه وعلى الرغم من أنّ 20% من إجمالي تعداد الأطباء العام في الولايات المتحدة قد أشار إلى أنهم اكتسبوا EMR (iHealthBeat, 2005)، فإنّ هذا لا يقضي بالضرورة بالاستيعاب الواسع الانتشار، إذ لا توجد هنالك أبحاث (معتمدة على النظريات أو غيرها) تشير إلى أي مدى قد حصل الانتشار الفعلي لنظم EMR. ولذلك فإنّ مفهوم فجوة الاستيعاب ذو قيمة لأنّ هناك خطراً أن تجري مساواة بين إحصائية مجرد تبني EMR والانتشار، ما ينتج منه صورة غير دقيقة وغير صحيحة لاستعمال نظام EMR الإجمالي.

وأخيراً، ورغم أنّ هذا البحث يقترح أنّ تحاليل استشعار الرؤية المنظمة لـ EMR يزوّد رؤية مفيدة في تصورات نظم EMR بين العيادات الطبية الصغيرة، فقد جرى الاعتراف بأنّ عوامل كثيرة أخرى هي أيضاً ذات تأثير. فمثلاً، يمكن لأبحاث إضافية أن تتحرّى فيما إذا كانت العيادات الصغيرة تختلف جذرياً من ناحية قدرتها على تجاوز عقبات التعلم التي يمثّلها تبنّي EMR، وإذا كان الأمر كذلك، يمكن لأبحاث إضافية أن تتحرى فيما إذا كان تطور موارد المجتمع يمكن أن يساعد العيادات الطبية التي ليست ماهرة مثل القليل من العيادات التي استوعبت بنجاح استعمال EMR في عياداتها السريرية. من المعتقد أن الرؤية المنظمة لـ EMR يمكن أن تؤدي دوراً في هذه العملية، لأن نقاش المجتمع يمثّل مورداً مهماً من التعلّم المركّب والخبرة بتجيز EMR المطوّر ضمن نقاش المجتمع.

الخاتمة

في الولايات المتحدة هنالك ضغط اقتصادي وضوابط متزايدة على مزودي الرعاية الصحية لتبني تقانات المعلومات الصحية لمواجهة قضايا مثل التكلفة والجودة والنفاذ إلى الرعاية الصحية. من المعتقد أنّ تبني تقانة المعلومات الصحية بشكل عام والسجلات الطبية الإلكترونية بشكل خاص من قبل العيادات الطبية الصغيرة هو خطوة أساسية لتحقيق هذه الأهداف. غير أنّ المتبنين المحتملين كانوا بطيئين في تقبّل نظم EMR (Havenstein, 2006; Loomis, 2002). استعمل هذا البحث استطلاعاً من أطباء أعضاء في اتحاد الأطباء المستقلين. وكانت العينة المستهدفة ممثلة للعيادات الطبية في الولاية. وقد أجاب الأفراد من هذه المجموعة على استبيان مكيّف من أبحاث سابقة عن الرؤية المنظمة (Ramiller and Swanson, 2003). لقد جرى تطبيق التحليل العاملي المؤكِّد على المعطيات الناتجة وأعطى نموذجاً بأربعة عوامل مؤلفة من قابلية التفسير والمعقولية والأهمية والانقطاعية، وكانت النتائج متوافقة مع أبحاث سابقة عن الرؤية المنظمة لراملير وسوانسون(2003). إنّ تحليلاً وصفياً لهذه المفاهيم الأربعة يشير إلى أنّ الرؤية المنظّمة لـ EMR لا تزال تُعمِل طريقها ضمن المجتمع المستهدف. أي إنّه في ما يتعلّق بقابلية التفسير، وعلى الرغم من أنّ المجيبين قد وافقوا على أن إيجاد توازن جيد في المعلومات حول ميزات ومساوئ نظم EMR صعب وأنّ هنالك جوانب في نظم EMR لا يمكن بسهولة إتقانها، فقد اختلف المجيبون على أنّ معلومات مفيدة حول ما يمكن لنظم EMR أن تقوم به من السهل الوصول إليها وعلى أنّ اللاعبين الأساسيين في الاتحادات الحرفية الطبية (AMA, AAFP,…) قد سُمعوا عالياً وبوضوح بخصوص نظم EMR. في ما يتعلق بالمعقولية، وافق المجيبون على أنّ الكثير مما سمعوه عن نظم EMR كان يشبه الادعاءات المبالغ فيها وأنّ ما تتكوّن منه نظم EMR قد نوقش على نطاق واسع، ولم يوافق المجيبون على أنّ نظم EMR سوف يجري تبنيها من قبل عيادات الأطباء المستقلة واستعمالها بصورة أسرع مما قد يعتقد الكثير من الناس. وبخصوص الأهمية، وعلى الرغم من أنّ المجيبين قد وافقوا على أنّ نظم EMR تتيح فرصة كبيرة لتزيد من قيمة العيادة،

وأنّ نظم EMR تُمكِّن من القيام ببعض الأشياء الرائعة التي كانت من قبل مجرد حلم، وأنّ العيادة التي تنتظر طويلاً قبل أن تستعمل EMR ستجد نفسها خلف مثيلاتها، وأنّ سوق الرعاية الصحية ما يزال لديه اهتمام كبير بنظم EMR، وأنّ الضغط تجاه نظم EMR يأتي بصورة رئيسة من قِبل الجهات التي لديها منتج لتبيعه، فإن المجيبين كانوا حياديين في أنّ نظم EMR هي الحلول التي وجدت المشاكل الصحيحة لتحلها وأنّ نظم EMR لا تنتقل جيداً إلى العالم الحقيقي. وفي ما يخصّ الانقطاعية، وعلى الرغم من أنّ المجيبين وافقوا على أنّ نظم EMR تحتاج إلى طريقة مختلفة جذرياً في التفكير بالعيادة الخاصة من وجهة نظر سريرية مغايرة وأنّ نظم EMR تتطلب نوعاً من المهارة في تقانة المعلومات الصحية للاستفادة منها كلياً، ولم يوافق المجيبون على أنّ استعمال نظم EMR تقلب أساساً عيادة خاصة رأساً على عقب، وأنّ تعقّد إدارة عيادة طبية ينخفض كثيراً عند تنجيز EMR. وإجمالاً، فإنّ النتائج كانت معبّرة لأنّها توضّح أنّ التصورات عن الرؤية المنظمة حول نظم EMR ليست ثابتة تماماً. أي إنّ الفكرة بأنّ مسيرة الرؤية المنظمة متناوبة صعوداً وهبوطاً مقيّدة بمستوى وطابع النقاش المحيط بها. بالإضافة إلى ذلك، فإنّ مسيرة الرؤية المنظمة مربوطة بمستوى محدد من النضج، أي إنّ رؤية يافعة وغير متطورة يمكن أو لا يمكن أن تحقق صعوداً، بينما رؤية هرمة ومتطورة ما إن حققت صعوداً تواجه انحداراً أخيراً. مقابل دورة الحياة العريضة هذه، يمكن لرؤية منظمة أن تخضع لتقلبات صغيرة الأهمية أي تغيرات صعوداً وهبوطاً على مدار مسيرتها (Ramiller and Swanson, 2003, p. 16).

جوهرياً، فإنّ نتائج هذه الدراسة تواجه جانباً من الطرق التي تستجيب فيها عيادات الأطباء الصغيرة للنقاش المجتمعي، أو الرؤية المنظمة المرتبطة بـ EMR. تقترح النتائج التجريبية بأنّه بين الأطباء الممسوحين يجري استشعار نظم EMRs الآن على أنها ابتكار مهم للعيادات الطبية، ولكن الأسئلة حول قابلية التفسير والمعقولية والانقطاعية في هذا الابتكار لا تزال بحاجة إلى المزيد من العمل. من المأمول أن يساهم هذا البحث بطرق عملية في الاستعمال الفاعل لتقانة المعلومات في سياقات الرعاية الصحية وفي

تحسين أبحاث نظم المعلومات القائمة على أساس نظري وذلك في مجال صناعة الرعاية الصحية.

المراجع

Aaronson, J. W., Murphy-Cullen, C. L., Chop, W. M., and Frey, R. D. (2001). Electronic medical records: The family practice resident perspective. *Family Medicine*, 33(2), 128–132.

Ash, J. S., and Bates, D. W. (2005). Factors and forces affecting EHR system adoption: Report of a 2004 ACMI discussion. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 12(1), 8–12. doi:10.1197/jamia.M1684

Ash, J. S., Gorman, P. N., Seshadri, V., and Hersh, W. R. (2002). Computerized physician order entry in U.S. hospitals: Results of a 2002 survey. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 11(2), 95–99. doi:10.1197/jamia.M1427

Babbie, E. R. (2005). *The basics of social research*. Belmont, CA: Thomson Wadsworth, Publishers.

Broder, C. (2005, April 4). Speaker: Practice redesign, technology should go together. Healthcare IT News.

Burda, D. (2008, May 12). Transcript of roundtable discussion with Mike Leavitt. Modern Healthcare. Retrieved May 12, 2008, from http://modernhealthcare.com

Burt, C. W., Hing, E., and Woodwell, D. (2007). Electronic medical record use by office-based physicians: United States, 2005. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, Hyattsville, MD. Retrieved February 27, 2007, from http://www.cdc.gov/nchs/products/pubs/pubd/hestats/electronic/electronic.htm

Callahan, J. (2007). EMR for the small practice: The EMR conundrum. MediNotes Corporation. Retrieved April 13, 2008, from http://www.medinotes.com/content/pdf/whitepapers/The5CriticalSteps_FINAL0707.pdf

Chau, P. Y. K., and Hu, P. J. H. (2002). Investigating healthcare professionals' decisions to accept telemedicine technology: An empirical test of competing theories. *Information and Management*, 39(4), 297–311. doi:10.1016/S0378-7206(01)00098-2

Chiasson, M., and Davidson, E. (2005). Taking industry seriously in Information Systems research. *Management Information Systems Quarterly*, 29(4), 591–605.

Cimono, J. J., Teich, J. M., Patel, V. L., and Zhang, J. (1999). What is wrong with EMR? (Panel Proposal). American Medical Informatics Association. Retrieved August 24, 2008, from http://acad88. sahs.uth.tmc.edu/research/publications/EMR.pdf

Comrey, A. L., and Lee, H. B. (1992). *A first course in factor analysis* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Cooper, R. B., and Zmud, R. W. (1990). Information Technology implementation research: A technological diffusion approach. *Management Science*, 36(2), 123–139. doi:10.1287/mnsc.36.2.123

Cork, R. D., Detmer, W. M., and Friedman, C. P. (1998). Development and initial validation of an instrument to measure physicians' use of, knowledge about, and attitudes toward computers. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 5(2), 164–176. doi:10.1136/jamia.1998.0050164

Cory, C., and Grossman, J. M. (2007). Clinical Information Technology adoption varies across physician specialties. Center for Studying Health System Change, Data Bulletin No. 34, September.

Currie, W. L. (2004). The organizing vision of application service provision: A process-oriented analysis. *Information and Organization*, 14, 237–267. doi:10.1016/j.infoandorg.2004.07.001

Dillman, D. A. (2000). *Mail and Internet surveys– The tailored design method* (2nd ed.). John Wiley and Sons, Inc.

Doolan, D. F., and Bates, D. W. (2002). Computerized physician order entry systems in hospitals: Mandates and incentives. *Health Affairs*, 21(4), 180–188. doi:10.1377/hlthaff.21.4.180

Dykes, P. (2006). The impact of health Information Technology on the role of nurses and interdisciplinary communication final results/findings – Survey result (3/1/2006). Healthcare Information and Management Systems Society Analytics, LLC, Chicago, IL. Retrieved February 27, 2007, from http://www.himss.org/ASP/ContentRedirector. asp?ContentID=65652

Ettlie, J. E. (1980). Adequacy of stage models for decisions on adoption of innovation. *Psychological Reports*, 46, 991–995.

Fichman, R. G., and Kemerer, C. F. (1997). The assimilation of software process innovations: An organizational learning perspective. *Management Science*, 43(10), 1345–1363. doi:10.1287/mnsc.43.10.1345

Fichman, R. G., and Kemerer, C. F. (1999). The illusory diffusion of innovation: An examination of assimilation gaps. *Information Systems Research*, 10(3), 255–275. doi:10.1287/isre.10.3.255

Firth, D. R. (2001). The organizing vision for customer relationship management. Proceedings of the 7th Americas Conference on Information Systems (AMCIS), (pp. 834-840).

Gadd, C. S., and Penrod, L. E. (2000). Dichotomy between physicians' and patients' attitudes regarding EMR use during outpatient encounters. Proceedings of the American Medical Informatics Association Symposium, (pp. 275-9).

Gadd, C. S., and Penrod, L. E. (2001) Assessing physician attitudes regarding use of an outpatient EMR: a longitudinal, multi-practice study. Proceedings of the American Medical Informatics Association Symposium, 194-8.

Gans, D., Kralewski, J., Hammons, T., and Dowd, B. (2005). Medical groups' adoption of electronic health records and Information Systems. [from

http://www.himssanalytics.org/docs/WP_EMR_EHR.pdf]. Health Affairs, 24(5), 1323–1333. Retrieved February 27, 2007. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1323

Groves, B. (2007). Physicians find cost a barrier to digitizing records. EmpowerMed – EMRinsight. Retrieved August 24, 2008, from http://emradvice. wordpress.com/2007/02/14/physicians-find-costa-barrier-to-digitizing-records/

Guadagnino, D. F. (2005). Growth of electronic medical records. Physician's News Digest. Retrieved August 18, 2008, from http://www. physiciansnews.com/cover/505.html

Havenstein, H. (2006, June 12). Costs slow adoption of e-health record systems. Computerworld.

Health and Human Services (HHS). (2008). Retrieved May 14, 2008, from www.hhs.gov/healthit

iHealthBeat. (2005). Study: Barriers to EMR adoption remain. California Healthcare Foundation, April 19.

Institute of Medicine (IOM). (2001). *Crossing the quality chasm: The IOM healthcare quality initiative*. Washington, DC: The National Academies Press.

Jacob, D. (2003). Adaptation of an instrument to measure attitudes toward the implementation of an electronic medical record. Thesis, Oregon Health and Science University, School of Medicine.

Johnston, D., Pan, E., and Middleton, B. (2002). *Finding the value in healthcare Information Technologies*. Boston, MA: Center for IT Leadership, Partners HealthCare.

Kerlinger, F. N., and Lee, H. B. (2000). *Foundations of behavioral research* (4th ed.). Harcourt College Publishers.

Loomis, G. A. (2002, October 7). EMRs: Still not ready for prime time. iHealthBeat, California Healthcare Foundation.

Loomis, G. A., Ries, J. S., Saywell, R. M. Jr, and Thakker, N. R. (2002). If electronic medical records are so great, why aren't family physicians using them? *The Journal of Family Practice*, 51(7), 636–641.

Marshall, P. D., and Chin, H. L. (1998). The effects of an electronic medical record on patient careclinician attitudes in a large HMO. American Medical Informatics Association Symposium.

Medical Records Institute. (2007). Medical Records Institute's ninth annual survey of electronic medical records trends and usage 2007. Retrieved August 24, 2008, from http://www.medrecinst. com/MRI/emrsurvey.html

Meinert, D. (2005). Resistance to electronic medical records (EMRs): A barrier to improved quality of care in issues. In B. Cohen (Ed.), Informing science and Information Technology. Retrieved August 2, 2008, from http://proceedings.informingscience. org/InSITE2005/I41f100Mein.pdf

Menachemi, N., and Brooks, R. G. (2006). EHR and other IT adoption among physicians: Results of a large-scale statewide analysis. *Journal of Healthcare Information Management*, 20(3), 79–87.

Meyer, A. D., and Goes, J. B. (1988). Organizational assimilation of innovations – A multilevel contextual analysis. *Academy of Management Journal*, 31(4), 897–923. doi:10.2307/256344

National Institute of Standards and Technology (NIST). (2005). Retrieved April 24, 2008, from http://www.atp.nist.gov/atp/focus/iifhc.htm

Olson, L., Schneiderman, M., and Armstrong, R. V. (1993). Increasing physician survey response rates without biasing survey results. Proceedings, SRMS, American Statistical Association, (pp. 1036-1041).

Penrod, L. E., and Gadd, C. S. (2001) Attitudes of academic-based and community-based physicians regarding EMR use during outpatient encounters. Proceedings of the American Medical Informatics Association Symposium, (pp. 528-32).

Poon, E. G., Jha, A. K., Christino, M., Honour, M. M., Fernandopulle, R., and Middleton, B. (2006). Assessing the level of healthcare Information Technology adoption in the United States: A snapshot. BMC Medical Informatics and Decision Making, 6, 1. doi:10.1186/1472-6947-6-1

Ramiller, N. C., and Swanson, E. B. (2003). Organizing visions for Information Technology and the Information Systems executive response. *Journal of Management Information Systems*, 20(1), 13–50.

Rippen, H. (2006). Summary of the findings assessing the economics of EMR adoption and successful implementation in physician small office settings. Office of the Assistant Secretary for Planning and Evaluation, Health and Human Services. Retrieved December 17, 2006, from www.hhs.gov/healthit/ahic/materials/meeting10/ehr/Rippen.ppt

Schubart, J. R., and Einbinder, J. S. (2000). Evaluation of a data warehouse in an academic health sciences center. *International Journal of Medical Informatics*, 60(3), 319–333. doi:10.1016/S1386-5056(00)00126-X

Swanson, E. B., and Ramiller, N. C. (1997). The organizing vision in Information Systems innovation. Organization Science, 28(5), 458–474. doi:10.1287/orsc.8.5.458

Swanson, E. B., and Ramiller, N. C. (2004). Innovating mindfully with information technology. *Management Information Systems Quarterly*, 28(4), 553–583.

Tang, P. C., and McDonald, C. J. (2001). Computerbased patient-record systems. In Shortliffe, E. H., Perreault, L. E., Wiederhold, G., and Fagan, L. M. (Eds.), *Medical informatics - Computer applications in healthcare and biomedicine* (pp. 327–358). New York, NY: Springer-Velag.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D. (2003). User acceptance of Information Technology: Toward a unified view. *Management Information Systems Quarterly*, 27(3), 425–478.

White House. (2004). State of the union. Retrieved April 23, 2008, from http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2004

White House. (2005). State of the union. Retrieved April 23, 2008, from http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2005

White House. (2006). State of the union. Retrieved April 23, 2008, from http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2006

White House. (2007). State of the union. Retrieved April 23, 2008, from http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2007

White House. (2008). State of the union. Retrieved April 23, 2008, from http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2008

الملحق

الجدول (1A). مقارنة بناء أسئلة الاستطلاع حول قابلية التفسير.

راميلر وسوانسون (2003)	الاستطلاع
1. معلومات جيدة عن __صعب الوصول إليها	1. معلومات مفيدة حول ما يمكن لـ EMR أن تقوم بها سهلة الوصول إليها [rc]
2. لقد ثبت صعوبة إيجاد توازن جيد بين التقييمات المختلفة حول مفهوم ___	2. إنّ إيجاد توازن جيد في المعلومات عن ميزات ومساوئ EMR صعب [rc]
3. يلزم الاستماع إلى اللاعبين الرئيسيين في الصناعة حول ____	3. جرى الاستماع إلى اللاعبين الرئيسيين في اتحادات المهن الطبية (AMA, AAFP...) بوضوح وقوة حول EMR
4. هنالك جوانب من __لا يمكنك حقيقةً أن تمسك بها	4. هنالك جوانب من EMR لا يمكنك بسهولة أن تفهمها [rc]

ملاحظة: تُمثِّل في أسئلة راميلر وسوانسون "__" تقانة المعلومات التالية: CASE، زبون– مخدم، والتجارة الإلكترونية و[rc] تعني مرمّزة عكسياً.

الجدول (2A). مقارنة بناء أسئلة الاستطلاع حول المعقولية.

راميلر وسوانسون (2003)	الاستطلاع
5. ___ لن يحصل بالسرعة التي يبدو أن كثيراً من الناس يعتقدونها	5. إنّ EMR سوف يجري تبنيها واستعمالها من قبل عيادات طبية مستقلة أسرع على ما يبدو مما

	يعتقد كثير من الناس
6. يبدو الكثير مما سمعته حول ___ دعاية	6. يبدو أنّ الكثير مما سمعته حول EMR مشابه للادعاءات المبالغ فيها [rc]
7. جرت مناقشة ما تتألّف___ حقاً منه على نطاق واسع	7. جرت مناقشة ما تتألّف EMR منه حقاً على نطاق واسع [rc]

ملاحظة: تُمثِّل في أسئلة راميلر وسوانسون "___" تقانة المعلومات التالية: CASE، زبون– مخدم، والتجارة الإلكترونية و[rc] تعني مرمّزة عكسياً.

الجدول (3A). مقارنة بناء أسئلة الاستطلاع حول الأهمية.

راميلر وسوانسون (2003)	**الاستطلاع**
8. ___ توفّر فرصة كبيرة لتقدم قيمة مضافة للأعمال	8. EMR توفّر فرصة كبيرة لتقديم قيمة مضافة للعيادة
9. __ تجعل محققة بعض الأشياء الرائعة التي كانت من قبل فقط حلماً	9. EMR تجعل محققاً بعض الأشياء الرائعة التي كانت من قبل حلماً فقط
10. الشركة التي ستنتظر لتطبِّق___ سوف لن تلحق بالركب	10. العيادة التي ستنتظر طويلاً لتستعمل EMR سوف لن تلحق بقريناتها
11. الضغط من أجل ___يأتي بصورة رئيسة من الجهات التي لديها شيء لتبيعه	11. الضغط من أجل EMR يأتي بصورة رئيسة من الجهات التي لديها شيء لتبيعه [rc]
12. __ حلّ ما يزال يبحث عن المشاكل الفعلية ليحلها	12. أنظمة EMR حلولٌ قد وجدت المشاكل الفعلية لتحلها

13. __ لا تنتقل جيداً إلى العالم الحقيقي	13. أنظمة EMR لا تنتقل جيداً إلى العالم الحقيقي [rc]
14. لقد فقد السوق الاهتمام بـ___	14. ما يزال لدى سوق الرعاية الصحية اهتمام كبير بنظم EMR

ملاحظة: تمثّل في أسئلة راميلر وسوانسون "___" تقانة المعلومات التالية: CASE، زبون– مخدم، والتجارة الإلكترونية و[rc] تعني مرمّزة عكسياً.

الجدول (4A). مقارنة بناء أسئلة الاستطلاع حول الانقطاعية.

راميلر وسوانسون (2003)	**الاستطلاع**
15. ___تدعو إلى طريقة في التفكير مختلفة جذرياً.	15. نظم EMR تدعو إلى طريقة في التفكير مختلفة جذرياً بالنسبة إلى العيادة الخاصة من وجهة نظر سريرية
16. __ يبدو أنها تتطلب نوعاً من المهارة لاستعمالها الكامل استعمالاً ناجعاً.	16. يبدو أنّ أنظمة EMR تتطلب نوعاً من المهارة لاستعمالها الكامل استعمالاً ناجعاً [rc]
17. القيام بـ __ يقلب أساساً المؤسسة رأساً على عقب	17. استعمال نظم EMR يقلب أساساً عيادة خاصة رأساً على عقب
18. يزداد التعقيد كثيراً عندما تبدأ بتنفيذ __	18. ينخفض كثيراً تعقيد إدارة عيادة خاصة عندما يجري تنجيز EMR

ملاحظة: تُمثّل في أسئلة راميلر وسوانسون "___" تقانة المعلومات التالية: CASE، زبون– مخدم، والتجارة الإلكترونية و[rc] تعني مرمّزة عكسياً.

الفصل الرابع عشر

التحديات المرافقة لاستعمال الأطباء السجلات الطبية الإلكترونية

فيرجينيا إيلي

جامعة كنساس، الولايات المتحدة الأميركية

كريغ فان سلايك

جامعة سانت لويس، الولايات المتحدة الأميركية

جيمس ف. كورتني

جامعة لويزيانا التقنية، الولايات المتحدة الأميركية

فيليب ستاين

مشفى فلوريدا للصحة الهضمية، أورلاندو، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

باستعمال نظرية السلوك المخطَّط، ونظريات الانتشار والمؤسسية بصفتها دعائم نظرية، تتحرى هذه الدراسة رأي الأطباء تجاه السجلات الطبية الإلكترونية (Electronic Medical Records (EMR) واستعمالها. أظهرت مقابلات، مع سبعة عشر من الأطباء المقيمين

والمسجلين في برنامج الإقامة للطبّ الأسريّ وثمانية أطباء مشرفين في العيادة ذاتها، أنّ لدى معظم الأطباء آراء سلبية نوعاً ما في ما يخصّ نظام EMR. لقد جرى النظر في معظم الأوقات إلى EMR في أنه دخيل على العلاقة المتبادلة بين المريض والطبيب. ترتبط نتائج أخرى بكيفية تأثير EMR على وقت الطبيب وخبرته وتعلّمه، إضافة إلى طول (وأحياناً دقة) الملاحظات السريرية. لقد تبيّن أنّ التحديات المقترنة بقضايا التحكم السلوكي مثل توافر الحواسيب وتوضعها المكاني مهمة جداً في سياق هذه الحالة. في هذه المؤسسة، كان مطلوباً من الأطباء المقيمين استعمال EMR بسبب طبيعتها الإجبارية، ولكن إذا كان لديهم الخيار أو القدرة، فإنّ معظهم سيستعمل المخطط الورقي.

المقدمة وسياق الدراسة

لقد اهتمّ باحثو نظم المعلومات طويلاً بتبنّي تقانات نظم المعلومات IT البازغة. هنالك الكثير من الدراسات التي تحرّت تبني IT في بيئات مختلفة وقد جرى استعمال نماذج نظرية مختلفة فنكاتش، موريس، دايفس (Venkatesh, Morris, Davis and Davis, 2003). إلاّ أنه وبوجود استثناءات مهمة (Chau and Hu, 2001; Chismar and Wiley-Patton, 2003; Devaraj and Kohli, 2003; Kohli and Kettinger, 2004; Lapointe and Rivard, 2005), فإنّ أبحاث نظم المعلومات (IS) المتعلقة بتبني IT في مجال الرعاية الصحية نادرة.

إنّ تبنّي IT في مجال الرعاية الصحية لدعم قرارات أطباء السريرية فينر، سافيتز، شولاميت و بوكي (Weiner, Savitz, Schulamit and Pucci, 2004) هو مشكلة أساسية تواجه صناعة الرعاية الصحية تريستر و ليونارد (Treister, 1998; Leonard, 2004). فبينما دخلت نظم IT الإدارية الخدمة منذ زمن في بيئات المشافي (Anderson, 1997)، فإنّ نظم المعلومات السريرية التي تتطلّب من الطبيب كتابة التعليمات، والوصفات والوصول إلى النتائج المخبرية ودعم نواحي أخرى في عملهم، غير شائعة جداً حتى الآن.

إنّ السجلات الطبية الإلكترونية (EMR) هي تقانة موضوع الاهتمام الرئيس في هذه الدراسة. وبينما تحمل نظم المعلومات السريرية الكثير من الوعود في خفض الأخطاء الطبية وإنقاص تكاليف الرعاية الصحية (U.S. Department of Health and Human Services, 2004)، فإنّ الكثير من الأطباء يبدون مترددين وغير راغبين في قبول هذه التطبيقات الجديدة في مجال الرعاية الصحية أثناء ممارساتهم لعملهم (Anderson, 1997; Bujak, 2002; Fritzhenry, Salmon and Reichelt, 2000; LeTourneau, 2004). اليوم، وفي الكثير من المشافي، يكتب الأطباء غالباً التعليمات بطريقة تقليدية، بينما تُدخِل الممرضات وغيرهنّ من العاملين المعلومات إلى نظام معلوماتيّ. غير أنّ هذا الإدخال المكتبيّ لمعطيات الطبيب يمكن أن يكون مكلفاً للغاية. لقد جرى تقدير التكلفة السنوية لنسخ الملاحظات التي يمليها الطبيب بنحو 325,000 $ (Fritzhenry, Salmon and Reichelt, 2000). ولهذا فإنّ فهم ما الذي يقود إلى قبول الأطباء لنظم المعلومات وكيفية استعمالهم لهذه الأنظمة هو مسألة بحثية رئيسة لأغراض كل من البحث والتطبيق (Jensen and Aanestad, 2007).

لقد تلقّت صناعة الرعاية الصحية القليل من الاهتمام في مجال أبحاث نظم المعلومات ونظرياتها، على الرغم من أنّ الصناعة بحدّ ذاتها تؤمّن فضاء "سياقياً" مهماً لتقييم الحدود لنظريات نظم المعلومات الموجودة (Chiasson and Davidson, 2004; Chiasson and Davidson, 2005) ولدفع أبحاث نظم المعلومات قدماً إلى الأمام. إضافة إلى ذلك، يُمكن للسياق أن يكون مهماً خاصةً لكي يُعتَبر في دراسات تبني نظم المعلومات (Jeyaraj, Rottman and Lacity, 2006).

يُعدّ قليلاً نسبياً ما هو معروف عن تبنّي نظم المعلومات في مجال الرعاية الصحية واستعمالها من قبل المحترفين في هذا المجال. مع ذلك، فإنّ العديد من الدراسات قد تقصّت نظرة الأطباء لتقانة المعلومات ضمن سياقات مختلفة. على سبيل المثال، نظر شو وهو (Chau وَ Hu) (Chau and Hu, 2001) إلى تبنّي الطب عن بُعد من قبل محترفي

الرعاية الصحية. لقد وجدا أنّ المواقف إضافة إلى فائدة النظام هما المحددان الأساسيان لقبول الأطباء الطبّ عن بُعد. وقد وجد مؤلّفون آخرون نتائج مشابهة في تحرّيهم عن قبول الأطباء الطبّ عن بُعد أو التطبيقات القائمة على الإنترنت (Chismar and Wiley-Patton, 2003; Hu, Chau and Sheng, 1999). لقد أوحت هذه النتائج بأنّ الأطباء هم مجموعة محترفة خاصة، ومن ثمّ فإنّ تقييماتهم للتقانة يمكن أن تكون مغايرة لتلك الخاصة بأشخاص آخرين دُرِسوا سابقاً في أبحاث نظم المعلومات. وهنا من المفيد الإشارة إلى أنّ معظم هذه الدراسات قد استخدمت الطب عن بُعد باعتباره التقانة موضع الاهتمام. وقد نظرت دراسات أقلّ إلى نتائج تطبيق EMR، فمثلاً استعمل لابوانت وريفارد (Lapointe and Rivard, 2005) مقاربة طويلة الأمد لتقصّي مقاومة الأطباء لـ EMR في ثلاث بيئات للمشافي، بالتركيز على العوامل التي تولّد مستوى الرفض عند مجموعة الأطباء أثناء المراحل المختلفة لتنجيز EMR. في المراحل المبكرة من تنجيز EMR، يكون موضوعُ المقاومة النظامَ بذاته وملامحَه، بينما في المراحل المتأخرة من التنجيز يتطور موضوع المقاومة ليصبح أهمية النظام ومؤيدي النظام.

إنّ تركيز هذه الدراسة يتمحور على تقانة EMR في سياق قبول الطبيب الفردي واستعماله لـ EMR.

إنّ EMR قد عُرّفت من قبل معهد الطب كما يلي: "نوع من نظم المعلومات السريرية، المخصصة لجمع المعلومات السريرية المهمة لإيصال الرعاية للمريض، وتخزينها، ومعالجتها، وجعلها متوافرة. التركيز الرئيسي في نظم كهذه يكون على المعطيات السريرية وليس المعلومات المالية أو الفَوْتَرَة. إنّ نظماً كهذه يمكن أن تكون محدودة في غرضها إلى حقل وحيد من المعلومات السريرية (مثل الاهتمام بمعطيات المخبر)، أو أن تكون شاملة وتغطي عملياً كل شكل من المعلومات السريرية المتعلقة برعاية المريض (مثل نظم سجل المريض المعتمدة على الحاسوب)" (Institute of

Medicine, 1997). وهكذا فإنّ EMR من شأنها أن تشمل نظم استرجاع معطيات سريرية بسيطة أو نظماً أكثر تعقيداً تسمح بالدخول إلى معطيات سريرية (مثل دعم القرار). إنّ EMR هي إلى حد ما تقانة جديدة ومعطِّلة (Disruptive Technology) (Lyytinen and Rose, 2003) تتطلب تغيرات رئيسة في سير الأعمال السريرية.

إذا استُعمِلت EMR، فإنّها ذات إمكانية كبيرة في خفض الأخطاء الطبية في المشافي بينما توفِّر في الوقت نفسه للاقتصاد الاميركي 140 مليار دولار كل عام أو 10% من تكاليف الرعاية الصحية الحالية (US Department of Health and Human Services, 2004). من المفروض إذاً أن نفهم بصورة أفضل العوامل التي يمكن أن تساهم في مواقف الأطباء من EMR واستعمالها. يقود هذه الدراسة سؤال البحث التالي:

ما هي العوامل التي تؤثّر في مواقف الأطباء من السجلات الطبية الإلكترونية (EMR) واستعمالها؟

الإطار النظري

يقوم البحث على نظرية السلوك المخطط (Theory of Planned Behavior) (TPB) (Ajzen, 1985; Ajzen, 1991; Taylor and Todd, 1995)، ونظرية الانتشار (Moore and Benbasat, 1991; Rogers, 1995) والنظريات المؤسسية (DiMaggio and Powell, 1983; Bush, 1986; Ayres, 1996) لتقديم إطار لدراسة تبنّي الأطباء EMR واستعمالهم لها في بيئة الرعاية الصحية.

يوصى باستعمال الإطار البحثي في حال لم يجرِ تطبيق نماذج نظرية قائمة، بصورة محددة ضمن مجال اهتمام مثل الرعاية الصحية (Venkatesh and Brown, 2001). تُعدّ TPB الإطار المرشد بصفتها نموذجاً عاماً له القدرة على شرح أي سلوك بشري بما فيه تبني EMR واستعمالها (Ajzen, 1985; Fishbein and Ajzen, 1975;

Ajzen and Fishbein, 1980). لقد جرى تطبيق TPB سابقاً في مجال أبحاث نظم المعلومات في العديد من الاختصاصات (Chau and Hu, 2001; Mathieson, 1991; Taylor and Todd, 1995) على أنها إطار متين لدراسة السلوك البشري. تقترح TPB أنّ أداء الشخص تجاه سلوك محددٍ (مثلاً استعمال EMR) محددٌ أساساً بمواقف الشخص تجاه EMR، ومعايير شخصية، وإدراكات التحكم السلوكي.

تأسر المواقف المشاعر الإيجابية أو السلبية للفرد حول تأدية السلوك المستهدف مثل استعمال نظام معلومات (Ajzen, 1985). إنّ دور المواقف المؤثّر في استعمال نظام معلومات قد دُعم باستمرار من خلال دراسات في كل من السياقات التطوعية والإجبارية. لقد تبيّن أنّ المواقف تؤثِّر على كلّ من الاستعمال الأولي والاستعمال الطويل الأمد (Davis, Bagozzi and Warshaw, 1989; Karahanna, Straub and Chervany, 1999; Karahanna, Straub and Chervany, 1999; Bhattacherjee, 2001). إنّ TPB هي إلى حدّ ما عامة في ما يخصّ أنواع المعتقدات التي يمكن أن تؤثّر على المواقف. بالاعتماد على نظريات الانتشار والمؤسسية، نفترض مجموعتين رئيسيتين من المعتقدات، وهي بالتحديد المعتقدات المتعلقة بموضوع EMR والمعتقدات المتعلقة بالمهنة الطبية والتي يمكن أن تؤدي دوراً مهماً في تحديد المواقف تجاه تقانة EMR.

في ما يتعلق بالمعتقدات حول EMR، تقدّم نظرية انتشار الابتكار روجرز (Rogers, 1995) مجموعة غنية من المعتقدات الفردية المستقرة والمحددة جيداً تجاه ابتكار ما (مثل EMR) التي تقود إلى قبول التقانة واستعمالها (Agarwal and Prasad, 1997; Karahanna, Straub and Chervany, 1999). لقد أخذ باحثون آخرون عديدون في الاعتبار معتقدات من نظرية الانتشار على أنها محددة للمواقف المرتبطة بـ IT (Karahanna, Straub and Chervany, 1999; Taylor and Todd, 1995). من بين المعتقدات الفردية المتنوعة التي يمكن أن تؤثّر على انتشار تبني EMR هنالك ثلاثة تصورات لمواصفات الابتكار، وهي بالتحديد **الفائدة النسبية المدرَكَة**، والتوافقية، والتعقيد

المدرَك، قد حظيت بدعم تجريبي مستمر من خلال الدراسات (Tornatzky and Klein, 1982). وهذا هو السبب وراء تركيزنا على هذه التصورات عندما يتعلق الأمر بالمواقف من EMR والسلوك تجاهها. إنّ الفائدة النسبية المدرَكة هي الدرجة التي يكون فيها تبني ابتكار IT أو استعماله قد جرى إدراكه على أنه أفضل من الممارسة القائمة (Rogers, 1995; Karahanna, Straub and Chervany, 1999). يُنظَر إلى هذا المفهوم على أنه مشابه إلى الفائدة المدركَة (Davis, Bagozzi and Warshaw, 1989) والتي تشير إلى الاحتمال الشخصي المتوقع من قبل المستعمل بأنّ استعمال نظام تطبيق محدد سوف يحسّن أداء العمل. يشير **التعقيد المدرَك** إلى الدرجة التي يُرَى فيها ابتكار ما على أنه صعب الاستعمال (Rogers, 1995). يرى بعض المؤلّفين (Moore and Benbasat, 1991) هذا المفهوم على أنه المناقض مفهومياً لسهولة الاستعمال المدرَكة (Davis, Bagozzi and Warshaw, 1989)، والذي يشير إلى الدرجة التي يتوقع فيها المستعمل المحتمل أن يكون النظام المستهدف خالياً من أي مجهود. التوافقية المدرَكة هي الدرجة التي يناسب فيها ابتكار ما القيم الموجودة عند متبنٍّ محتمَل، ومعتقداته وتجاربه (Rogers, 1995). لقد أظهر هذا المفهوم أنه يؤثِّر باستمرار في تبنّي الابتكار (Moore and Benbasat, 1991; Prescott and Conger, 1995; Van Slyke, Belanger and Comunale, 2004).

إضافة إلى ذلك، وبالاعتماد على نظريات مؤسسية نفترض أنّ **المعتقدات حول المهنة الطبية** يمكن أن تؤدي دوراً في قرارات الأطباء الفردية لاستعمال EMR. وهكذا، نعتبر الطرق الحالية في ممارسة الطبّ على أنها مؤسسة. عرّف نظريو المؤسسيّة المؤسسات على أنها "العادات السائدة من التفكير" مقابل السلوكيات المؤسساتية لمجموعة من الناس (Ayres, 1996). إنّ "عادة التفكير" وهي سمة من سمات المؤسسات قد أُعطيت بُعداً معرفياً يعكس المعايير الاجتماعية المؤسَّسة ثقافياً، والقواعد وتجسيداً للسلوكيات المعتادة. إنّ العادة هي عنصر مركزيّ تميّز أي مؤسسة لأنها توفّر الميل لدى الأفراد أو لدى مجموعات من الأفراد كي "ترتبط بشكل من أشكال العمل المكتَسَب أو

المتبنّــى مسـبقَاً" (Camic, 1986). وهكـذا فـإنّ المؤسسـات تقتضـي عـادات مخفيـة (Hodgson, 1993)، تعطيها خاصية مستقرة وجامدة على مرّ الزمن (Bush, 1986).

إنّ لمهنة الطب منذ فترة طويلة تقليداً مرسّخاً في ما يخصّ هويتها الذاتية بصفتها مهنـة (Starr, 1982). إنّ المهنيين في الرعاية الصحية (بما فيهم الأطباء) قد اعتادوا على طريقة معينة في ممارسة الطبّ، مؤسسة على تدريب اختصاصي (Chau and Hu, 2001) يقوم على الممارسة والخبرة والحدس أكثر من اعتماده على الحواسيب. تتسبب EMR باضطراب جذري في هذه المعتقدات والممارسات المؤسَّسة، مما قد يقود إلى تكوّن موقف سلبي تجاه EMR. لقد قامت المعتقدات المؤسسَة حول ممارسة الطبّ على مفهوم للهوية الاجتماعية للطبيب يعكسها "المعطف الأبيض" (Fiol and O'Connor, 2006). إنّ معتقدات الأطباء حول المهنة يمكن أن تأخذ أهمية متزايدة لأنّ مؤسسات الرعاية الصحية يُنظَر إليها على أنها بيروقراطيات مهنية (Anderson and McDaniel, 2000) مميزة بدرجة عالية من المهنية.

تقوم مهنة الطب على قيم رئيسة مثل الاستقلالية المهنية، ودور المكانة المرموقة والخبرة (Blumenthal, 2002). مع مرور الوقت، تأخذ هذه القيم الطابع المؤسساتي وتخدم بصفتها أساساً للسلوك الفردي ريدموند (Redmond, 2003). إنّ الخبرة المهنية تُمنَح بالاعتماد على حقيقة أنّ مهنيّي الرعاية الصحية يمتلكون عدداً من المهارات المتخصصة (تمكّنهم من تشخيص الناس ومعالجتهم وشفائهم) وقد اكتسبوها من خلال تدريب مختص (Blumenthal, 2002) ولا يملكها أفراد آخرون من مهن أخرى. وهكذا فإنّ الأطباء والممرضات وغيرهم من الموظفين الطبيين ممن لديهم نوع من السلطة المهنية في مجالهم مرتكزة على المقدرة غير المتماثلة بين مزوّدي الرعاية الصحية والمرضى (Blumenthal, 2002). يمكن أن يُنظَر إلى نظم EMR على أنها هجوم مباشر على هذه القيم (Fitzheny, Salmon and Reichelt, 2000).

ووفق TPB، هنالك عامل محدد آخر ومهم لنوايا الأفراد تجاه استعمال EMR هو الضغوط المعيارية أو العرفية (Normative Pressures). إنّ الضغوط المعيارية هي شكل من التأثير المجتمعي (Fulk, Steinfield, Schmitz and Power, 1987). لقد جرى في الأدبيات تحديد ثلاثة مصادر رئيسة للتأثير بصفتها مهمة، وهي تحديداً الضغوط القسرية، والمعيارية، وتلك المرتبطة بالتقليد والمحاكاة (DiMaggio and Powell, 1983). يمكن أن تنشأ الضغوط القسرية من المنظّمين الحكوميين، أو إداريي المشفى أو مؤسسات مهيمنة أخرى مثل مديكير Medicare أو مديك إيد Medicaid. فعلى سبيل المثال، قررت بعض المشافي جعل استعمال EMR إجبارياً وفي هذه الحالة يصبح الأطباء مجبرين على استعمال EMR قانونياً. كما أنّ منظمات مثل مديكير ومديك إيد قد دفعت باستخدام المعلومات الإلكترونية من خلال اشتراطها تقديم فواتير إلكترونية. تظهر الضغوط المعيارية (العرفية) من التأثيرات المتبادلة بين أفراد الأطباء في سياقات مهنية مختلفة مثل الاتحادات المهنية والاجتماعات في المشفى وغيرها من المؤتمرات التي يمكن أن يكونوا مشتركين فيها. وفي هذا السياق، يمكن للأطباء أن يكونوا عرضة لتأثيرات معيارية عرفية مختلفة قد تقودهم إلى التفاعل بطريقة معينة. تظهر ضغوط التقليد من التقليد المباشر لسلوك فردي. إذ يقلّد الأفراد بعضهم الآخر عندما يواجهون بالشك وبعدم وضوح الهدف أو بتقنيات غير مفهومة جيداً وهم يبحثون عن إجابات لشكهم من خلال سلوك الآخرين (DiMaggio and Powell, 1983).

إضافة إلى العوامل المناقشَة أعلاه، تأخذ TPB في الاعتبار أيضاً وجود بعض العوائق على السلوك التي تثبّط من نوايا الأطباء لاستعمال EMR (Ajzen, 1991). إنّ مفهوم الضبط السلوكي المحسوس والمضمَّن في TPB، يعكس وجود عوامل يمكنها أن تتداخل في ما بينها أو تُسهِّل الأداء لسلوك محدَّد فيشبين وأجزن (Fishbein and Ajzen, 1975). لقد جرى تحديد عوامل رئيسة بصفتها عائقة أو مسهّلة للقيام بسلوك ما (مثل استعمال EMR) وهي تضم شروطاً مسهّلة أو توافر موارد مثل الوقت والمال وغيرهما من

الموارد المتخصصة نحتاجها للمشاركة في سلوك ما (Taylor and Todd, 1995) وكذلك توافر الدعم.

موقع البحث والطريقة

لقد استخدمنا دراسة حالة نظرية مستنِدة إلى دلائل بغية تحرّي آثار المفاهيم المقترحة على استعمال الأطباء لـ EMR. تفحص دراسة الحالة الظاهرة موضوع الاهتمام في بيئتها الطبيعية مستخدمة طرائق متعددة من تحصيل المعطيات لجمع المعلومات من كينونة أو عدة كينونات (Benbasat, Golstein and Mead, 1987). إنّ هذه المقاربة مقبولة جيداً في دراسة ظواهر معقدة ومعاصرة (Benbasat, Golstein and Mead, 1987) مع تبعيات سياقية قوية (Yin, 1994).

إنّ دراسة الحالة قيد التقصي تدور حول مركز الصحة الأسرية (Family Practice Centre) (FPC) والذي يعمل ضمن مرفق استشفائي كبير وهو جزء من نظام صحي بمليار دولار في جنوب الولايات المتحدة. إنّ الـ FPC هو عيادة خارجية حيث يجري فيها تدريب الأطباء المقيمين ضمن برنامج إقامة للطب الأسري التقويمي. وقد قام برنامج الإقامة للطب الأسري التقويمي، الممتد على ثلاث سنوات، بتدريب ثمانية وعشرين طبيباً مقيماً ليصبحوا حاملين شهادة البورد في مجال المعالجة الطبية الأسرية التقويمية. جرى ترتيب البرنامج في ثلاث وحدات أو مجموعات اعتماداً على سنة القبول. ضمّت المجموعة الأولى في الطب الأسري (Family Practice) **(FP1)** عشرة أطباء مقيمين، وضمت المجموعة الثانية في الطب الأسري **(FP2)** أحد عشر طبيباً مقيماً بينما ضمّت المجموعة الثالثة في الطب الأسري **(FP3)** سبعة أطباء مقيمين مسجلين.

يقوم الطب التقويمي (طب الجهاز العضلي- العظمي) (Osteopathic medicine) على الفلسفة التي تعتبر "كامل الشخص" (وذلك وفق ما جاءت به الأكاديمية الأميركية للجهاز العضلي-العظمي). يكون تركيزها على العلاقات البينية القائمة بين البنية

والوظيفة في الجسم البشري وإدراك قدرة الجسم البشري على معالجة ذاته. ينظر الأطباء المقيمون في مجال طب الجهاز العضلي- العظمي إلى "الشخص ككلّ" مع تركيز على الرعاية الوقائية (أي يركّزون على جعل الإمكانات الفيزيولوجية والتشريحية المتأصّلة للجسم في حدها الأقصى وذلك لاستعادة الصحة والمحافظة عليها). وبدلاً من معالجة أعراض محددة أو مرض ما فقط (مثلما يفعل بقية الأطباء)، ينظر الأطباء المتخصصون في هذا الطب إلى الجسم بأكمله.

إن عيادة الطب الأسري من دون أوراق تماماً. أي إنّ الجداول الورقية ليست خياراً بالنسبة إلى الأطباء المقيمين والأطباء المشرفين. تعمل العيادة على EMR شامل جرى وضعه عام 1997. بدأ نظام EMR هذا بوصفه نظاماً إجبارياً وبقي إجبارياً على كل من الأطباء المقيمين والمشرفين. يجري استعمال نظام EMR في استرجاع المعطيات مثل السجلات السابقة أو نتائج الاختبارات وكذلك لإدخال المعطيات (أي إدخال محوسب لتعليمات الطبيب).

جرى القيام بمقابلات شبه منظَّمة مع سبعة عشر طبيباً مقيماً وثمانية أطباء مشرفين. يُظهر الملحق A بروتوكول المقابلة. ضمت عينة الأطباء المقيمين ثمانية أطباء مقيمين سجّلوا في الوحدة الأولى **(FPC1)**، وخمسة أطباء مقيمين من الوحدة الثانية **(FPC2)** وأربعة أطباء مقيمين من الوحدة الثالثة **(FPC3)**. لقد تدرّب جميع الأطباء المقيمين على نظام EMR ولهم فيه تجربة عملية في العيادة وقد استعملوه بانتظام. إنّ خمسة من الأطباء المشرفين كانوا في العيادة عندما جرى إدخال نظام EMR، لقد دعم بعضهم في الواقع تطبيقه في العيادة.

تراوحت مدة المقابلة الواحدة من خمس وعشرين دقيقة إلى ساعة، وقد بدأت جميع المقابلات بسؤال عام سمح للمجيبين بالتعبير عن آرائهم العامة حول نظام EMR (من حيث ما يحلو لهم من نظام EMR وماذا يرون من مشاكل في هذا النظام). جرى طرح

أسئلة أكثر نوعية عقب الإطار العام النظري بحيث يجري التحقق من أنّ معظم المقابلات غطت مادة متشابهة مما يسمح بالمقارنات عند مرحلة التحليل (Miles and Huberman, 1994).

توقّفَ جمعُ المعطيات عند نقطة التكرار، عندما لم تجرِ إضافة أي معلومة جديدة. يصف لينكولن وغوبا (Lincoln and Guba, 1985, p. 233) نقطة التكرار بأنها النقطة التي "تكون عندها الجهود المبذولة للوصول إلى أعضاء إضافيين لا يمكن تبريرها من ناحية المصاريف الإضافية في الطاقة والموارد".

جرى استخدام مصادر أخرى للمعطيات إضافة إلى المقابلات شبه المنظّمة من خلال المشاهدات المباشرة في بيئة المشفى والحوارات مع إداريي العيادة. إنّ المشاهدة المباشرة هي أداة فاعلة (Yin, 1994) تسمح للباحث بدراسة الظواهر في السياق الطبيعي موضوع الاهتمام، واستيعاب وتسجيل التفاصيل والأفعال التي تحدث. وتحديداً، حضر أحد مؤلّفي هذه الدراسة عدة اجتماعات في المشفى وتفاعل مع الكثير من الأطباء بمن فيهم أولئك الذين لم تجرِ مقابلتهم رسمياً. إضافة إلى ذلك، قام هذا الباحث بحضور جلسات المناقشة مع الأطباء المشرفين والمقيمين في المشفى بغية ملاحظة كيف ينجز الأطباء أعمالهم اليومية.

التحليل والنتائج

بغية تحليل معطيات المقابلات، استعملنا تقنيات مطابقة النمط (Pattern-Matching Techniques) الموصى بها من قبل مايلز وهابرمان (Miles and Huberman, 1994). لقد جرى تحليل المعطيات الكيفية على ثلاث مراحل. في البداية نقرأ ونرمّز كلّ مقابلة بالاعتماد على الإطار النظري التمهيدي. بحثنا ضمن نص المقابلة على المفاهيم ذات الأهمية وفقاً لإطارنا النظري. بعدئذ بنينا مصفوفات إجابة فردية مرتبطة بكل مفهوم ذي أهمية (Miles and Huberman, 1994). لقد جرى ترميز كلّ مقابلة وفق مصاغة جدولية

لكل مجيب وجرى تضمين كل المفاهيم المحدَّدة في الترميز الأولي وبالتحديد معتقدات الأطباء حول EMR، ومعتقداتهم حول المهنة الطبية، وبنية الاعتقاد المعياري (العرفي) وإدراكات التحكم السلوكي. عند هذه المرحلة، وثّقنا أيضاً أيّة مواضيع جديدة نتجت من المقابلات بطريقة مستندة إلى دلائل (Eisenhardt, 1989). إنّ هذه الأبعاد الجديدة جرت إضافتها إلى الترميز القائم على الجداول لكل شخص جرت مقابلته. وأخيراً، بحثنا عبر المقابلات عن مواضيع مشتركة لكل مفهوم موضوع اهتمام.

وبغية تقييم مواقف الأطباء تجاه EMR، سُئل الأطباء كيف شعروا بخصوص EMR وفي ما إذا كانوا ينصحون أطباء آخرين بـ EMR بصفتها فكرة جيدة. يبدو أنّ مواقف الأطباء المقيمين تجاه EMR مختلطة. فعلى نحو مثير للاهتمام، عبّر بعض الأطباء المقيمين عن مواقف إيجابية نوعاً ما تجاه فكرة EMR، مقابل حمل مواقف أكثر سلبية تجاه تنفيذ EMR في الـ FPC. من بين الأطباء المشرفين، الذين أظهروا مواقف إيجابية تجاه EMR ضمن FPC نجد أولئك الذين إما كانوا جزءاً من إدارة العيادة أو كانوا أصحاب علاقة وثيقة بمبادرة EMR. يبدو أنّ المواقف السلبية مردّها بصورة رئيسة إلى الآثار السلبية على وقت الطبيب والقلق في ما يخص كيفية تغيير العلاقات المتبادلة بين الطبيب والمريض بسبب EMR.

إضافة إلى ذلك، اهتممنا أيضاً بكشف اللثام عن دوافع الأطباء الكامنة وراء هذه المواقف. بغية تحديد **معتقدات الأطباء المتعلقة بـ** EMR جرى سؤال الأطباء أسئلة مصممة لتقييم فيما إذا وجدوا EMR سهلة أو صعبة الاستعمال وأيضاً في ما إذا كانت EMR مفيدة لمهامهم السريرية. واستناداً إلى إجاباتهم، وكأسئلة استكمالية جرى سؤال الأطباء أن يقدّموا أمثلة محددة عن الحالات التي وجدوا فيها EMR سهلة (أو صعبة الاستعمال). جرى أيضاً سؤال الأطباء أن يصفوا حالات وجدوا فيها EMR أكثر أو أقل فائدة من الجداول الورقية. طُرحت أسئلة أيضاً حول ما إذا كان قد جرى تلقّي EMR بوصفها متوافقة مع الطريقة التي يحبُّ فيها الأطباء أن يقوموا بإجراء معايناتهم السريرية.

تظهر نتائجنا أنّ تقانة EMR عند FPC قد بدت على الأغلب معقدة وصعبة الاستعمال. ولقد كان تصفّح النظام وعدم الكفاية في البحث الاعتبارين الرئيسين وراء استشعار تعقيد EMR. يشير "تصفّح" EMR إلى القدرة الملحوظة للطبيب في الوصول إلى صفحة مطلوبة بأقلّ عدد ممكن من النقرات أو أقلّ عدد من النوافذ للوصول إلى النتائج السريرية المرغوبة. أما إمكانات البحث في EMR فهي تشير إلى قدرة الطبيب أن يفحص وينقّب بسهولة عن النتائج السريرية للوصول إلى رؤية مرغوبة وحسب الطلب للتقارير. إنّ هذه العوامل بدت مهمة جداً بالنسبة إلى معظم الأطباء في هذه العيّنة. إنّ الصعوبات في التصفح ضمن أنظمة EMR عند FPC مرتبطة مباشرة بإدراك الأطباء للزمن الذي يستغرقه الوصول إلى المعلومات السريرية، والذي بدوره يؤثّر في استشعار الأطباء لعدم فاعلية العمل. يُظهِر الاقتباس التالي بصورة أفضل هذا الادعاء.

... تكتب اسم تشخيص يبدو لك أنه صحيح تقريباً، ولكنه ليس على لائحة تشخيصاتهم... عندئذ عليك أن تمضي الوقت لإيجاد ما يعتبرونه تشخيصاً مكافئاً... وليس لديّ الوقت لذلك...

تشير الفائدة النسبية لنظام EMR إلى ما إذا كان استعمال النظام قد استُشعر على أنه أفضل من استعمال الجداول الورقية. وجد تقريباً جميع الأطباء المقيمين وعدد من الأطباء المشرفين أنّ نظام EMR أسوأ نسبياً بالمقارنة مع الجداول الورقية. تكمن أسباب عديدة وراء تصورات الأطباء لمساوئ نظام EMR مقابل الجدول الورقي التقليدي. وأحد أسباب هذا التصور السلبي هو المدة الزمنية التي يستغرقها الطبيب لتسجيل المعلومة السريرية في نظام EMR.

السيئة الكبرى هي في الزمن الذي تهدره في إدخال أشياء إلى الحاسوب. فقد جرت العادة أن تستغرق 60 ثانية لتفقد أشياء على صفحة ورقة... أقل من ذلك... يمكن أن تأخذ خمس ثوان لتتحقق مما تريد، ثمّ تلقي بالورقة على رفّ ويقوم آخر

بالاهتمام بسير العمل من تلك النقطة فصاعداً. الآن ومع الحاسوب يتوجب على الطبيب ترميز التشخيص الصحيح، ويتوجب على الطبيب ترميز المخبر الصحيح. وهذا يمكن أن يضاعف مرتين أو أربع مرات الوقت المطلوب.

إنّ كتابة الملاحظات مرتين هو عامل مساهم آخر في مساوئ EMR المرتبطة بالزمن. إذ إنّ معظم الأطباء المقيمين في هذه الدراسة يكتبون ملاحظاتهم على الورق أثناء معاينة المريض ثمّ يدونون ملاحظاتهم على الحاسوب، مما يمكن أن يزيد الزمن على جدول أعمال الطبيب المزدحم. وقد أشار لذلك أحد الأطباء المقيمين:

في الغالب ليس لديك وقت أثناء المعاينة أن تُدخِل فعلياً الكثير في الحاسوب، عليك أن تعود في ما بعد وتدخل معظم المحادثة. وتميل الجداول الورقية للتكدس لأنك ترى مريضاً، ثمّ لديك مريض آخر، وآخر. فلا يكون عادة لديك الوقت للعودة عقب كل مريض للقيام بذلك. وهكذا تتكدس الجداول الورقية في نهاية اليوم.

في آلية انتشار الابتكار، تكون الدرجة التي يناسب فيها ابتكار ما القيم القائمة لدى متبنٍ محتمل ومعتقداته وتجاربه اعتباراً مهماً؛ إنّ هذا الإدراك معروف باسم "التوافقية Compatibility" (Rogers, 1995). إنّ تقانة المعلومات لها القدرة على تغيير آليات العمل، لذلك فمن المهم فهم الدرجة التي يحصل فيها هذا وردات أفعال الأفراد على هذه التغييرات (Venkatesh, 2006). لا يبدو أنّ نظام EMR عند FPC متوافق جداً مع الطريقة التي يعمل بها الأطباء. لقد جرى اعتبار نظام EMR على أنه دخيل على العلاقة المتبادلة بين الطبيب والمريض وذلك من قبل معظم الأطباء المقيمين. وبعض الأطباء المشرفين اعترفوا أيضاً بهذا الدخيل. إنّ الاقتباس التالي من طبيب مقيم يوضّح هذه النتيجة.

... الآن وقد أصبح لدينا سجل محوسب... الأمر غريب، ولكن شعرت وكأنني كنت هناك لأقدم معلومات للحاسوب وليس لأعتني بمريضي. إنّ وجود الحاسوب في غرفة الفحص وفي آلية رعاية المريض بأكملها كان محسوساً بقوة.

هنالك سبب آخر يمكن أن يجعل EMR تبدو غير متوافقة يعود إلى تخصص الأطباء بطب الجهاز العضلي- العظمي. وكما ذُكر سابقاً، فإنّ أطباء كهؤلاء هم موجهون نحو المريض أكثر؛ فهم يقدّرون كامل التأثير المتبادل مع المريض، ووجود حاسوب في الغرفة مع المريض يجري اعتباره على أنه عقبة في طريق هذا التأثير المتبادل. يبدو أنّ هذا الاكتشاف يوضّح بُعداً بازغاً من التوافقية، هو التوافقية مع القيم (Karahanna, Agarwal and Angst, 2006). يضع نظام القيمة الخاص بالأطباء المختصين في الطب التقويمي وزناً كبيراً لطبيعة التأثير المتبادل بين الطبيب والمريض. وهكذا فإنّ تقانة EMR التي جرى استشعارها على أنها في تعارض مع قيم المتبني لا يمكن أن تكون مقبولة. وجد بعض الأطباء في هذه الدراسة أنّ استعمال EMR يعترض آلية التأثير المتبادل، ومن ثمّ فإنّ استعمالاً كهذا غير متوافق مع قيم الأطباء.

أنا شخصياً لديّ مشكلة بالكتابة على الحاسوب أمام المريض، لأنني ببساطة لا أحبّ أن أدير ظهري إلى المريض. حتى ولو كان بمقدوري وضع الحاسوب أمامي، لا تزال لدي مشكلة بالكتابة عليه أمام شخص ما. لا أزال أعتقد أنّ هذا فظّ للغاية، ولذلك فأنا لن أفعل هذا أبداً.

لنلخّص، إنّ معظم الأطباء المقيمين وبعض الأطباء المشرفين الذين جرت مقابلتهم لهذه الدراسة وجدوا أنّ نظام EMR كان معقداً على نحو كبير لكي يُستَعمَل، وله القليل من المزايا ولا يتناسب جيداً مع القيم وممارسات العمل المرغوبة والقائمة.

تابع تحقيقنا مع استكشاف **معتقدات الأطباء حول المهنة الطبية** وكيف أثّرت هذه المعتقدات في المواقف تجاه EMR. إلى هذه المرحلة، وأثناء المقابلات جرى سؤال الأطباء كيف استشعروا تأثير نظام EMR في مهنة الطب وعلى الطريقة التي أحبوا أن يعملوا بها. لقد جرى توثيق عدة آثار على المهنة. كان أحد آثار EMR (مقارنة بالجداول الورقية) هو طول الملاحظات، إذ إنّ معظم الأطباء المقيمين يشعرون أنفسهم مجبرين على أن يدوّنوا ملاحظات أطول بكثير في EMR منه على الجداول الورقية. وغالباً، كما أشار إلى ذلك بعض الأطباء المشرفين، فإنّ ملاحظات أطول لا تعني بالضرورة ملاحظات أفضل. في الواقع، لأنّ معظم الأطباء المقيمين يستعملون قوالب ونماذج موجودة ويدونون ملاحظاتهم مجتمعة، فقد جرى إدخال أخطاء، وقد أشار إلى ذلك بعض الأطباء المشرفين على جداول الأطباء المقيمين:

إنّ نوعية كتابة الملاحظات ليست أفضل، وربما أسوأ بالإجمال. إنّ الفكرة هي في كتابة ملاحظاتك بأكبر سرعة ممكنة. ومن ثمّ فإنّ (الأطباء المقيمين) يمكن أن يختاروا القالب الأبسط حتى ولو كان بالكاد ذا ارتباط وأحياناً ليس بذي ارتباط. كان هنالك أطباء مقيمون مرتبين جداً بملاحظاتهم، وكان كذلك آخرون عشوائيين جداً.

لقد أثّرت EMR كثيراً في مورد "الوقت" عند الأطباء في FPC. لقد حدّد كلّ من الأطباء المقيمين والأطباء المشرفين في هذه العينة "الوقت" على أنه مورد نادر وأشاروا إلى أنّ نظام EMR عند FPC قد أثّر على هذا المورد المهم بطريقة سلبية كثيراً. في معظم الأوقات، يتوجّب على الأطباء المقيمين البقاء مدة من الزمن لإنهاء إدخال المعطيات في EMR والكثيرون منهم يتلكأون في إدخال المعطيات أو يقومون بالتفافات كأن يطلبوا من مقربين إليهم إدخال المعطيات.

عادة من المفترَض بك أن تغلق صفيحتك خلال يوم، وهذا ما أحاول أن أفعله ولكن أحياناً تتراكم وقتاً أطول. بعضها يكون متأخراً مدة أسبوعين. سمعت حالات يضطر فيها

الأطباء أن يطلبوا من زوجاتهم أن يأتوا لأنهم متأخرين كثيراً في سجلاتهم ويُملون عليهن إدخال المعطيات إلى EMR.

إنّ "خبرة" الأطباء هي مورد مهم آخر والتي بدت على أنها نوعاً ما قد أثّرت في نظام EMR. رأى الأطباء المقيمون نظام EMR على أنه تهديد لتفكيرهم المستقل. وهذا أساساً لأنّ نظام EMR لا يقبل بسهولة أي تشخيص ما لم يتطابق مع تشخيص من قائمة موجودة فيه. لقد كشفت النقاشات مع العديد من الأطباء المشرفين أنّ لائحة التشخيصات في الـ EMR غير مكتملة نوعاً ما وأحياناً خاطئة مقارنة مع قواعد التصنيف الدولي. إنّ محاولة إيجاد تشخيص في الـ EMR يتطابق عن قرب مع ذاك الذي يريد الطبيب أن يدخله هو أمر ثقيل ولا يسمح بأيّة مرونة.

لم أذهب إلى المدرسة لمدة خمس سنوات من أجل أن أفعل هذا...لن يكون لدي حاسوب ليخبرني ماذا أستطيع أن أشخّص وماذا لا أستطيع!

يرتبط أحد المواضيع البازغة من المقابلات بأثر EMR اللاورقي في تعلم الأطباء المقيمين. أحياناً وبدلاً من تعلّم كيفية كتابة وصفة أو ملاحظة، يجد الأطباء المقيمون أنفسهم فقط "ينقرون على أشياء."

... قد تنسى كيف تكتب وصفات، لأنّ الحاسوب يقوم لك بذلك، وقد تنسى كيف تشير إلى مريض... كونك قادراً أن تقوم بكل شيء من دون حاسوب أمر مهم... هنا، نحن مرتبطون جداً بنظام الحاسوب.

باختصار، رأى معظم الأطباء في هذه العينة EMR على أنها مسببة لتغيرات سلبية إلى حدّ ما في الطريقة التي يمارسون فيها الطبّ. فزيادة الوقت، ونوعية الملاحظات الرديئة والتأثيرات في تعلّم الأطباء المقيمين ما هي إلا بعض من التغييرات التي جلبها EMR إلى مزاولة الطب.

إضـافة إلـى ذلـك، لقـد تحرّينـا الـدور الـذي تؤديـه الضـغوط المعياريـة (العرفيـة) المستشـعرة الناجمـة عـن إداريـي المشـفى والحكومـة والأقـران الآخـرين فـي التـأثير علـى اسـتعمال الأطبـاء لـ EMR. أثنـاء المقـابلات، جـرى سـؤال الأطبـاء أسـئلة مرتبطـة بهـذه المصـادر المختلفة من التأثير الاجتمـاعي. ونظـراً إلـى الطبيعـة الإجباريـة لـ EMR، فإنّ معظـم الأطبـاء المقيمين فـي FPC مـالوا إلـى اعتبـار EMR علـى أنـه "الطريقـة التـي هـي عليها الأشياء" في العيادة. لم تبدُ التأثيرات التقليدية والمعيارية للأقران ذات وزن كبير جداً فـي هذه البيئـة. لقد جرى استشـعار التـأثيرات القسـرية فـي بدايـة تـجيز EMR، ولكـن فـي الوقت الذي جرت فيه الدراسة (تسع سنوات في ما بعد)، فإنّ EMR بدت ببساطة على أنها جزء من الثقافة، وكما ذكر أحد الأطباء المقيمين:

هذا مـا نستعمله هنـا وهذا مـا لدينا هنـا. إنـه منقوش أصـلاً. ولا أحد يحـاول أن يـدفع الأمور بهذا الطريق أو ذاك.

هنالك مصادر أخرى من الضغوط مثل مديكير اعترف بها بعض الأطباء المقيمين ولكن استُشعرت هذه الضغوط على أنها مستقبلية أكثر منها تهديداً حالياً.

... خلال سنتين ستطلب مديكير من الجميع استعمالها. إذا لم تأخذ مديكير، سيكون أمامك خيار استعمال الأوراق... التعويض أعلى بوجود نظام إلكتروني منـه نظام ورقـي لأن الوثيقة تكون أفضل.

وعمومـاً فـإنّ التـأثيرات الاجتماعيـة لا تـؤدي دوراً رئيسـاً فـي هـذه الدراسـة. ونظـراً للطبيعة الإجبارية لـ EMR في العيادة، فإنّ معظم الأطباء المقيمين شعروا بأنّه ليس لديهم خيار إلا باستعمال EMR.

لقد كشفنا أيضـاً عن بعض العوامل التي تتداخل مع استعمال EMR (Fishbein and Ajzen, 1975) تتعلق بتوافر مطاريف (Terminals) حاسوبية والدعم في مجال تقانـة المعلومـات. لقد جرى سؤال الأطبـاء المقيمين والأطبـاء المشرفين فيمـا إذا كـانوا يعتقدون

بوجود عدد كافٍ من الحواسيب المتوافرة لدعم استعمالهم لـ EMR وفيما إذا كانوا بسهولة يجدون حاسوباً عندما يريدون النفاذ إلى نظام EMR بينما هم في المشفى. لقد سُئل جميع الأطباء الذين جرت مقابلتهم فيما إذا شعروا بدعم كافٍ من حيث وجود مدافعين عن الأطباء لدعمهم في استعمالهم لـ EMR.

لقد اعترف جميع الثمانية عشر طبيباً مقيماً بعدم وجود حواسيب متوافرة في العيادة؛ إذ لدى FPC حاسوب في كلّ غرفة مريض وثلاثة إلى أربع حواسيب ضمن العيادة (أي في غرفة الاستراحة) وبالتالي يتوجّب على كلّ طبيب مقيم أن يجد حاسوباً متوافراً ليقوم بتدوين ملاحظاته إلكترونياً بعد مقابلة كلّ مريض أو في نهاية اليوم. تكون الغرف مستخدمة كل الوقت لمقابلة المرضى، وكما جرت الإشارة إلى ذلك سابقاً فإنّ معظم الأطباء المقيمين لا يدونون ملاحظاتهم إلكترونياً بينما هم في الغرفة مع المريض. إضافة إلى عدد الحواسيب، فإنّ الموقع المكاني للحواسيب (أي في غرف الفحص) يُنظَر إليه على أنه عامل مثبّط. إنّ تعليقات مثل التي ستأتي لاحقاً كانت شائعة بين الأطباء المقيمين الذين جرى استجوابهم في FPC.

لديك الكثير من المرضى، وجميع الغرف مشغولة، فمن الصعب أن تجد حاسوباً.

سيكون جميلاً أن يكون لديك حاسوب لتستعمله عندما تكون ما بين الغرف... وجود حاسوب خارج الغرف سيكون مثالياً.

وعلى النقيض من الأطباء المقيمين الذين ليس لديهم مكتب بالمعنى الماديّ، فإنّ الأطباء المشرفين يستمتعون بهذا "الترف". ومن ثمّ فإنّ شعورهم تجاه وفرة العتاديات (Hardware) وتموضعها لم يكن سيئاً للغاية. غير أنّ الأطباء المشرفين اعترفوا بمتاعب الأطباء المقيمين فيما يخصّ وفرة الحواسيب وموقعها المكاني في FPC.

إنّ مستوى الدعم المتوافر لاستعمال EMR هو اعتبار مهم آخر في استعمال الأطباء لـ EMR. أشار الأطباء المقيمون إلى أنه ليس هناك الكثير من الدعم في

استعمالهم لـ EMR. وقد أظهرت النقاشات مع إداريي المستشفى أنه يوجد شخص وحيد داعم ضمن العيادة كلها وهو على دراية بنظام EMR. وهذا الشخص أيضاً هو ذاك الذي قدّم التدريب الأوليّ على نظام EMR للأطباء المقيمين. عادة، إذا احتاج الطبيب المقيم إلى مساعدة، فعليه أو عليها اللجوء بالسؤال إلى زميل أو طبيب مشرف في ما يخص نظام EMR.

يوجد شخص وحيد فقط يعلم بالنظام من الداخل والخارج ومن الصعب الوصول إليه، لا يمكنك الوصول إليه مباشرة، تستطيع ترك رسالة وسوف يعاود الاتصال بك ولكن ما نحتاج إليه حقاً هو إمكانية نفاذ أكثر من ذلك.

لا يبدو مع ذلك أن غياب الدعم عائق مهم مثل توافر الحواسيب ومواقعها. فبينما اشتكى تقريباً جميع الأطباء المقيمين بشأن التوافر المادي لطرفيات الحواسيب، أشار فقط خمسة من أصل سبعة عشر إلى الحاجة إلى المزيد من الدعم. تلك هي الحال غالباً في أدبيات IS وهي أنّ العتاديات "أمر مفروغ منه". فمعظم المؤسسات تزوّد موظفيها بمكتب وحواسيب لاستخدامها. وكما أظهرنا في دراسة الحالة هذه فإنّ الوصول المادي إلى جهاز حاسوب قد بدا على أنه موضوع قوي في مجال الرعاية الصحية.

المناقشة والنتائج

لقد استخدمت هذه الدراسة إطاراً نظرياً يعتمد على TPB لدراسة قبول الأطباء EMR ضمن عيادة إقامة للطب الأسري. تحمل نظم EMR السريرية وعوداً كبيرة في تقليل الأخطاء الطبية وخفض نفقات الرعاية الصحية، وقد أظهرت مع ذلك نتائج دراسة الحالة أنّ الكثير من الأطباء المقيمين يتمسكون بموقف سلبي إلى حد ما تجاه نظام EMR الذي وضعته العيادة. تؤكّد هذه النتائج أبحاثاً سابقة (Sittig, Krall, Kaalas-Sittig and Ash's, 2005) في بيئة مختلفة عن عيادة الطب الأسري ذات الأطباء المقيمين المستعملين لـ EMR. وعلى نحو مثير للاهتمام، كان بعض الأطباء إيجابيين إلى حد ما نحو EMR

بصورة عامة، ولكنهم وجدوا أنّ نظام EMR في FPC ناقصاً، ما نتج منه مواقف سلبية حول هذا المثال الخاص عن EMR. إنّ المواقف السلبية تجاه EMR في FPC قد بدت نتيجة لمشاكل في قابلية الاستعمال، والتي جرى ربطها بصورة رئيسة بصعوبات البحث والتصفح. كما بدا أيضاً أنّ التوافر المحدود لمحطات العمل (Workstation) هو مشكلة في إرساء EMR الخاص هذا. أشار الكثير من الأطباء المقيمين أنّ لـ EMR آثاراً عديدة على وقتهم ومهارتهم. لقد أشار أيضاً أطباء مقيمون آخرون وأطباء مشرفون أنّ تعلّم الأطباء، وطول الملاحظات السريرية (وأحياناً دقتها) قد تأثّرت بتتجيز EMR. أما فيما يخصّ التأثيرات الاجتماعية، فإنّ الضغوط المعيارية والتقليدية لم تؤدّ أي دور باستثناء الضغوط القسرية الموجودة أصلاً بسبب الاستعمال الإجباري لـ EMR.

الشكوى الكبرى التي عبّر عنها الأطباء المقيمون في هذه الدراسة كانت الأثر السلبي لاستعمال EMR في وقتهم. فقد كان الأطباء المشرفون (والأطباء المقيمون) مهتمين جداً بوقتهم. لقد وثّقت أبحاث أخرى في حقل المعلوماتية الطبية نتائج مشابهة (Campbell, Sittig, Ash, Guappone and Dykstra, 2006). لقد وُجد أنّ EMR قد ولّدت عملاً جديداً للأطباء بحيث يجري الطلب من الأطباء إدخال معلومات إلى EMR ولم يكن هذا مطلوباً منهم في الماضي. إضافة إلى ذلك، فإنّ EMR تجعل الأطباء أقل فاعلية في إدخال الأوامر والتوثيق السريري ما ينتج منه حاجة الأطباء إلى تمضية المزيد من الوقت لإنهاء اللقاءات السريرية (Campbell, Sittig, Ash, Guappone and Dykstra, 2006). وربما كان هذا هو السبب وراء رؤية الكثير من الأطباء (سواء أكانوا مقيمين أم مشرفين) الذين جرت مقابلتهم لهذه الدراسة وعداً كبيراً في EMR، ولكن وجدوها في هذه المرحلة "غير جاهزة للاستعمال عند وقت الذروة". قد يكون الأطباء ليسوا بالضرورة ضدّ تقانة EMR بحد ذاتها، ولكنهم مترددين في تبنّي طرق جديدة في فعل الأشياء تتعارض مع أسلوبهم في ممارسة عملهم (Ash and Bates, 2005).

يجب على مصممي النظام أن يكونوا واعين جداً إلى الطريقة التي ينظر فيها الأطباء إلى وقتهم. يسعى الأطباء إلى تفضيل التقانات التي توفّر لهم الوقت ويمانعون تلك الي تسيء إلى فاعلية عملهم. يجب أن تُصمّم ميزات النظام وواجهات التطبيق بطرق تقلّل إلى الحد الأدنى من كمية الوقت المطلوب لإنهاء مهام العمل، ومع أنّ هذا يصلح للقول عن معظم النظم، فإنّ هذا حرج على نحو خاص في حالة نظم EMR، فإذا رأى الأطباء أنّ استعمال EMR مكلف زمنياً، فإنهم على الأرجح سيمانعون تنجيزه. وحتى في حالة إلزامية (مثل FPC)، فإنّ المستعملين سوف يطوّرون حلولاً التفافية قد لا تناسب الأهداف المؤسساتية الإجمالية من التنجيز.

على سبيل المثال، الكثير من الأطباء المقيمين في هذه الدراسة يوثّقون التشخيصات والمعالجات على الورق أثناء التفاعل مع المريض، ثمّ يدخلونها إلى EMR في آخر اليوم. إنّ حلولاً التفافية كهذه من شأنها أن تلغي بعض الفوائد من EMR، مثل وجود المزيد من معطيات متاحة على الفور، واستعمال أدوات دعم القرار أثناء معاينة المريض. هذا الحل البديل مهم لأنه يظهر مدى تعقيد ردود فعل الأطباء تجاه EMR. ظاهرياً، يبدو هذا التدوين "المضاعف" متناقضاً مع تركيز الأطباء على وقتهم؛ فمن الواضح أنّ التدوين المضاعف يأخذ وقتاً أطول من إدخال المعطيات إلى النظام من دون التدوين أولاً على الورق. غير أنّ الكثير من الأطباء المقيمين أشاروا إلى أنهم وجدوا استعمال EMR أثناء التفاعل المتبادل مع المريض غير متوافق مع وجهات نظرهم حول كيفية وجوب مزاولة الطب. لقد بدا أنّ عدم التوافق هذا يتجاوز اعتبار الوقت بالنسبة إلى هؤلاء الأطباء.

اكتشاف آخر مهم مرتبط بعوامل التحكم السلوكي المدرَك (Perceived Behavioral Control) والتي ظهرت بقوة خلال المقابلات. لقد أقرّ معظم الأطباء المقيمين والأطباء المشرفين بالتحديات المرتبطة بتوافر الحواسيب وتوضّعها المكاني في غرفة الفحص. جرى النظر إلى هذه الأبعاد من التحكم السلوكي المدرَك على أنها عبء رئيسي. في الكثير من الأوقات، يحتاج الأطباء المقيمون إلى الانتظار حتى نهاية اليوم

عندما تكون غرف الفحص فارغة بحيث يكونون قادرين على أن يجدوا طرفي حاسوب ويدوّنون ملاحظاتهم السريرية. إضافة إلى ذلك، وجد الكثير من الأطباء المقيمين أنّ التوضّع المكاني لمحطات العمل في غرف الفحص دخيل على العلاقات بين الطبيب والمريض. حيثُ إنّ التوضّع توجبّ في الكثير من المرات على الأطباء المقيمين أن يشيحوا بنظرهم عن المريض ليقوموا بإدخال معطيات إلى EMR أو استرجاعها. آخذين في الاعتبار الطبيعة المقدسة لعلاقة طبيب- مريض في طبّ الجهاز العضلي- العظمي، فإنّ هذا مثبّط رئيسي لاستعمال EMR ضمن FPC.

في ما يتعلق باستعمال EMR في PFC، فإنّه يتوجّب على الأطباء المقيمين استعمال EMR لاسترجاع الأوامر السريرية وإدخالها بسبب البيئة الإجبارية التي يزاولون فيها عملهم. غير أنّ معظم الأطباء المقيمين اعترفوا لنا بأنّه لو كان EMR غير إجباري، فإنهم ما كانوا قد استثمروه. إضافة إلى ذلك، عندما سألناهم سؤالاً افتراضياً إذا كانوا سيختارون EMR ذاتها في ما لو كانوا سيبدأون بممارسة خاصة بهم للطب، أجاب كل الأطباء المقيمين تقريباً أنهم لن يطلبوا نظام EMR ذاته الذي توجب عليهم أن يستثمروه في العيادة. في الواقع، ذكر معظم المجيبين أنهم سيستعملون الورق إذا كان هذا خياراً مطروحاً، سواء في العيادة أو في ممارستهم المستقبلية. هذه الاكتشافات يجب أن تكون مقلِقة لكل من مصممي EMR ومنجّزي EMR. لقد اقترحت بعض الأبحاث أنه بغياب المواقف الإيجابية تجاه نظام، فإنّ جعل استعماله إجبارياً سوف يقود فقط إلى استعمال خاضع لا إلى استعمال قابل للاستمرار (Klein and Sorra, 1996; Kostova and Roth, 2002).

هذا البحث له مساهمات معنوية على مستويين نظري وعملي. من بين المساهمات النظرية، ضمّنّا نظريات متعددة مثل نظرية السلوك المخطَّط، ونظريات الانتشار والمؤسسية بغية الوصول إلى رؤية أكثر شمولاً حول قبول الأطباء لنظم EMR. باستعمال دراسة حالة ومقاربة مرتكزة (Eisenhardt, 1989) كشفنا عن الأبعاد الكامنة وراء "تعقيد" EMR في إطار المشفى وأظهرنا كيف أنّ EMR قد أثّر على بعض القيم الرئيسة

لدى الأطباء مثل "الوقت" و"الخبرة". أظهرنا أيضاً أهمية مفهوم التحكّم السلوكي في TPB في سياق الرعاية الصحية حيث لا يكون لدى الأطباء مكتب فيزيائي فيه حاسوب جاهز ومتاح. ومساهمة أخرى تتأتّى من هذا البحث هي في استعمال ثالوثية (Triangulation) من عدة مصادر للأدلة. ساعدت هذه الطريقة في تعزيز نتائج الحالة. لقد جرى زيادة معطيات المقابلات بالمراقبات المباشرة ضمن سياق المشفى خلال فترة تسعة أشهر. إضافةً إلى ذلك، تظهر هذه الدراسة أهمية السياق المعتبَر عند إجراء البحث. في هذه الدراسة، كان السياق مهماً للغاية. الطبيعة الإجبارية للنظام هي تفسير لغياب تأثير المؤثّرات الاجتماعية. إضافة إلى ذلك، فإنّ حقيقة أنّ الأطباء في هذه الدراسة كانوا أطباء الجهاز العضلي- العظمي قد أثّر في النتائج، كما تَوضَّح هذا من ردود الأفعال على تدخّل EMR في العلاقة بين الطبيب والمريض. وأخيراً، كانت البيئة الفيزيائية التي جرى فيها تقديم النظام مهمة أيضاً. فقد بدا غياب أماكن العمل ومحطات العمل المخصصة لهذا الغرض مساهماً في شعور عام بعدم وجود محطات عمل لـ EMR متاحة بشكل كافٍ. هذه النتيجة قد لا تُطبَّق في بيئات مكتبية نموذجية يكون فيها لدى العاملين حواسيب مخصصة لهم.

لهذا البحث أيضاً مساهمات تطبيقية وإدارية مهمة، فقبول الأطباء واستعمالهم لنظم EMR هو قضية رئيسية بالنسبة إلى أي مؤسسة رعاية صحية لتجني الفوائد من استثماراتها في تقانة المعلومات (Devaraj and Kohli, 2003). إنّ فهم المعتقدات الكامنة خلف مواقف الأطباء تجاه نظم EMR يمكن أن يقود جهودَ التنفيذ المستقبلية بحيث لا يواجه EMR ممانعة الأطباء. وكما ذُكر سابقاً، إذا كان لدى الأطباء المقيمين في هذه العينة الخيار أو القدرة على مقاومة النظام، فإنهم ما كانوا قد استثمروا EMR. مع ذلك فإنّ الكثير من العوائق قد تبدو تقنية بحتة بطبيعتها. إذ وجود المزيد من الحواسيب المتوافرة والمتوضّعة استراتيجياً بين غرف الفحص أو في منطقة محايدة يمكن أن يساعد في تقليص استشعار المساوئ المرتبطة بالوقت عند محاولة استعمال EMR. يجب على المديرين أن يولّوا اعتباراً لقضايا مرتبطة بالتطبيق المكاني للنظام، مثل توضّع محطات

العمل. كما أن عدد محطات العمل وأنواعها مهمة أيضاً. إنّ وجود استراتيجية عتادية شاملة يعطي إمكانية التغلب على بعض الممانعات قبل حدوثها.

في الوقت عينه، يجب على المصممين أن يأخذوا بالحسبان قضايا قابلية التصفّح ضمن EMR بحيث يستطيع الأطباء بسهولة التنقل بين الشاشات وإتمام ملاحظاتهم في وقت مناسب. وفوق ذلك، ينبغي توخّي الحذر بالتصميم والاستعمال المفرط للقوالب (Templates) في EMR، إذ يمكن أن تُدخَل أخطاء في السجل الطبي عندما تُستَعمل هذه النظم في ظلّ قيود الوقت. وثّق مؤلفون آخرون تولّد أنواع جديدة من الأخطاء الناجمة عن استعمال EMR بصفتها نتيجة غير مقصودة عن تنفيذ EMR (Campbell, Sittig, Ash, Guappone andDykstra, 2006). فإذا كان الأطباء لا يستطيعون بسهولة أن يجدوا المكان المناسب ليدخِلوا المعطيات إلى EMR، فإنهم يميلون ببساطة إلى وضع المعطيات حيث "يمكن أن تصلح" (Campbell, Sittig, Ash, Guappone and Dykstra, 2006). والنتيجة النهائية هي معطيات سريرية خاطئة. إنّ وضعاً خاطئاً للمعطيات قد لا يقود إلى أخطاء فقط ولكن من الممكن أيضاً أن يمنع أطباء آخرين من أن يجدوا أبداً تفصيلاً سريرياً محدداً، إذا كانت المعطيات مخزّنة بصورة غير مناسبة.

إنّ لدى تقانة EMR إمكانية التأثير بعمق في الرعاية الصحية، سواء في ما يتعلق بنوعية الرعاية أو الفاعلية الإجمالية. إلا أنّه إذا كان على EMR أن ترقى إلى مستوى وعودها، فإنّ على المصممين والمديرين أن يكونوا مدركين لوجهات نظر الأطباء (وغيرهم من محترفي الرعاية الصحية) تجاه EMR وردود أفعالهم نحوها. حتى ولو كان الاستعمال إلزامياً، فإنّ المستعملين الممانعين قد يطوّرون حلولاً التفافية تمنع الفوائد المقصودة من النظام، وتجعلها أقل فاعلية مما يجب أن تكون عليه. يبقى "الناس" وهم مكوّن في تتجيز الأنظمة عاملاً رئيساً في تصميم EMR وتتجيزه. ونسيان هذا المكوّن المهم في نظام معلومات، أي عامل "الناس"، يمكن أن يخاطر بفشل النظام، وفي حالة EMR قد يقود حتى إلى خسارة أرواح.

المراجع

Agarwal, R., and Prasad, J. (1997). The role of innovation characteristics and perceived voluntariness in the acceptance of information technologies. *Decision Sciences*, 28(3), 557–582. doi:10.1111/j.1540-5915.1997.tb01322.x

Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In Kuhl, J., and Beckemann, J. (Eds.), *Action Control: From Cognitions to Behavior* (pp. 11–39). New York: Springler Verlag.

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. doi:10.1016/0749-5978(91)90020-T

Ajzen, I., and Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Anderson, J. G. (1997). Clearing the way for physicians' use of clinical information systems. *Communications of the ACM*, 40(8), 83–90. doi:10.1145/257874.257895

Anderson, R. A., and McDaniel, R. R. Jr. (2000). Managing healthcare organizations: where professionalism meets complexity science. *Health Care Management Review*, 25(1), 83–92.

Ash, J. S., and Bates, D. W. (2005). Factors and forces affecting EHR system adoption: Report of a 2004 ACMI discussion. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 12(1), 8–12. doi:10.1197/jamia.M1684

Ayres, C. (1996). *The theory of economic progress* (4th ed.). Chapel Hill: University of North Carolina Press.

Benbasat, I., Goldstein, D. K., and Mead, M. (1987). The case research strategy in studies of information systems. *Management Information Systems Quarterly*, 11(3), 369–386. doi:10.2307/248684

Bhattacherjee, A. (2001). Understanding information systems continuance: an expectation-confirmation model. *Management Information Systems Quarterly*, 25(3), 351–370. doi:10.2307/3250921

Blumenthal, D. (2002). Doctors in a wired world: Can professionalism survive connectivity? *The Milbank Quarterly*, 80(3), 525–546. doi:10.1111/1468-0009.00021

Bujak, J. S. (2002). Service and collaboration keys to physician control. *Physician Executive*, 28(3), 22–25.

Bush, P. D. (1986). On the concept of ceremonial encapsulation. *Review of Institutional Thought*, 3, 25–45.

Camic, C. (1986). The matter of habit. *American Journal of Sociology*, 91(5), 1039–1087. doi:10.1086/228386

Campbell, E. M., Sittig, D. F., Ash, J. S., Guappone, K. P., and Dykstra, R. H. (2006). Types of unintended consequences related to computerized provider order entry. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 13(5), 547–556. doi:10.1197/jamia.M2042

Chau, P. Y. K., and Hu, P. J. H. (2001). Information technology acceptance by individual professionals: a model comparison approach. *Decision Sciences*, 32(4), 699–719. doi:10.1111/j.1540-5915.2001. tb00978.x

Chiasson, M. W., and Davidson, E. (2004). Pushing the contextual envelope: developing and diffusing IS theory for health information systems research. *Information and Organization*, 14(3), 155–188. doi:10.1016/ j.infoandorg. 2004.02.001

Chiasson, M. W., and Davidson, E. (2005). Taking industry seriously in IS research. *Management Information Systems Quarterly*, 29(4), 599–606.

Chismar, W. G., and Wiley-Patton, S. (2003). Does the extended technology acceptance model apply to physicians? *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on Information System Sciences*.

Davis, F., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982–1003. doi:10.1287/mnsc.35.8.982

Devaraj, S., and Kohli, R. (2003). Performance impacts of information technology: is actual usage the missing link? *Management Science*, 49(3), 273–289. doi:10.1287/mnsc.49.3.273.12736

DiMaggio, P., and Powell, W. (1983). The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American Journal of Sociology*, 48(2), 147–160. doi:10.2307/2095101

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532–550.

Fiol, C. M., and O'Connor, E. J. (2006). Stuff Matters: Artifacts, Identity and Legitimacy in the US Medical Profession. In Rafaeli, A., and Pratt, M. (Eds.), *Artifacts and Organizations: Beyond Mere Symbolism* (pp. 241–257). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Fishbein, M., and Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Fitzhenry, F., Salmon, J. W., and Reichelt, P. A. (2000). Adopting knowledge technology to manage care: issues and status of physician use. *Journal of Managed Care Pharmacy*, 6(1), 35–41.

Fulk, J., Steinfield, C. W., Schmitz, J., and Power, J. G. (1987). A social information processing model of media use in organizations. *Communication Research*, 14, 529–552. doi:10.1177/009365087014005005

Hodgson, G. (1993). Institutional economics: surveying the 'old' and the 'new'. *Metroeconomica*, 44(1), 1–28. doi:10.1111/j.1467-999X.1993. tb00786.x

Hu, P. J.-H., Chau, P. Y. K., and Sheng, O. R. L. (1999). Adoption of telemedicine technology by healthcare organizations: an exploratory study. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 12(3), 197–221. doi:10.1207/S15327744JOCE1203_01

Institute of Medicine. (1997). The Computer-based Patient Record: An Essential Technology for HealthCare. National Academy Press.

Jensen, T. B., and Aanestad, M. (2007). Hospitality and hostility in hospitals: a case study of an EPR adoption among surgeons. *European Journal of Information Systems*, 16(6), 672–680. doi:10.1057/palgrave.ejis.3000713

Jeyaraj, A., Rottman, J., and Lacity, M. (2006). A Review of the Predictors, Linkages, and Biases in IT Innovation Adoption Research. *Journal of Information Technology*, 21(1), 1–23. doi:10.1057/palgrave.jit.2000056

Karahanna, E., Agarwal, R., and Angst, C. M. (2006). Reconceptualizing compatibility beliefs. *Management Information Systems Quarterly*, 30(4), 781–804.

Karahanna, E., Straub, D. W., and Chervany, N. L. (1999). Information Technology adoption across time: A cross-sectional comparison of preadoption and post-adoption beliefs. *Management Information Systems Quarterly*, 23(2), 183–213. doi:10.2307/249751

Klein, K. J., and Sorra, J. S. (1996). The challenge of innovation implementation. *Academy of Management Review*, 21(4), 1055–1080.

Kohli, R., and Kettinger, W. J. (2004). Informating the clan: controlling physicians' costs and outcomes. *Management Information Systems Quarterly*, 28(3), 363–394.

Kostova, T., and Roth, K. (2002). Adoption of an organizational practice by subsidiaries of multinational corporations: Institutional and relational effects. *Academy of Management Journal*, 45(1), 215–233. doi:10.2307/3069293

Lapointe, L., and Rivard, S. (2005). A multilevel model of resistance to information technology implementation. *Management Information Systems Quarterly*, 29(3), 461–491.

Leonard, K. J. (2004). Critical success factors relating to healthcare's adoption of new technology: A guide to increasing the likelihood of successful implementation. *Electronic Healthcare*, 2(4), 72–81.

LeTourneau, B. (2004). Managing physicians' resistance to change. *Journal of Healthcare Management*, 49(5), 286–294.

Lincoln, Y. S., and Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Newbury Park, CA: Sage.

Lyytinen, K., and Rose, G. M. (2003). The Disruptive Nature of Information Technology Innovations: The Case of Internet Computing in Systems Development Organizations. *Management Information Systems Quarterly*, 27(4), 557–595.

Mathieson, K. (1991). Predicting user intentions: comparing the technology acceptance model with the theory of planned behavior. *Information Systems Research*, 2(3), 173–191. doi:10.1287/isre.2.3.173

Miles, M. B., and Huberman, A. M. (1994). *An Expanded Sourcebook: Qualitative Data Analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Moore, G. C., and Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information Systems Research*, 2(3), 192–222. doi:10.1287/isre.2.3.192

Prescott, M. B., and Conger, S. A. (1995). Information Technology innovations: A classification by IT locus of impact and research approach. The Data Base for Advances in Information Systems, 26(2-3), 20–41.

Redmond, W. H. (2003). Innovation, diffusion and institutional change. *Journal of Economic Issues, 37*(3), 665–679.

Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations*. New York: The Free Press.

Sittig, D. F., Krall, M., Kaalaas-Sittig, J., and Ash, J. S. (2005). Emotional aspects of computer-based provider order entry: A qualitative study. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 12(5), 561–567. doi:10.1197/jamia.M1711

Starr, P. (1982). *The Social Transformation of American Medicine*. New York: Basic Books.

Taylor, S., and Todd, P. A. (1995). Understanding information technology usage: a test of competing models. *Information Systems Research*, 6(2), 144–176. doi:10.1287/isre.6.2.144

Tornatzky, L. G., and Klein, K. J. (1982). Innovation characteristics and innovation adoptionimplementation: A meta-analysis of findings. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 29(1), 28–45.

Treister, N. W. (1998). Physicians acceptance of new medical information systems: the field of dreams. *Physician Executive*, 24(3), 20–24.

U.S. Department of Health and Human Services. (2004). The decade of health information technology: delivering consumer-centric and information-rich health care. A framework for strategic action, accessed October 14, 2007, *available at: http://www.hhs.gov*.

Van Slyke, C., Belanger, C. F., and Comunale, C. (2004). Factors influencing the adoption of web-based shopping: the impact of trust. *The Data Base for Advances in Information Systems*, 35(2), 32–49.

Venkatesh, V. (2006). Where do we go from here? Thoughts on future directions for research on individual-level technology adoption with a focus on decision-making. *Decision Sciences*, 37(4), 497–518. doi:10.1111/j.1540-5414.2006.00136.x

Venkatesh, V., and Brown, S. A. (2001). A longitudinal investigation of personal computers in homes: adoption determinants and emerging challenges. *Management Information Systems Quarterly*, 25(1), 71–102. doi:10.2307/3250959

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: toward a unified view. *Management Information Systems Quarterly*, 27(3), 425–478.

Weiner, B. J., Savitz, L. A., Schulamit, B., and Pucci, L. G. (2004). How do integrated delivery systems adopt and implement clinical information systems? *Health Care Management Review*, 29(1), 51–77.

Yin, R. K. (1994). *Case study research: design and methods* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

الملحق: بروتوكول المقابلة العام

المبدأ	أسئلة المقابلة
المعتقدات حول EMR	1. ما رأيك حول نظام EMR؟ ماذا تحبّ في النظام؟ ماذا تكره في النظام؟ 2. هل تستطيع أن تخبرني عن مرة كنت فيها محبطاً باستعمالك لـ EMR؟ من فضلك أخبرني عن هذه التجربة؟ 3. هل تستطيع إخباري عن مرة كانت فيها EMR مفيدة لك (ساعدتك)؟ من فضلك صف لي هذه التجربة؟ a. هل تعتقد أنّ EMR صعب الاستعمال؟ b. هل تعتقد أنّ نظم EMR يمكن أن تكون مفيدة لك؟ c. هل تجد EMR أكثر نفعاً من نظام الأوراق في أداء مهماتك الطبية؟ d. هل تعتقد أن الكثير من الأطباء الآخرين يستعملون EMR في هذه العيادة؟ e. هل EMR قيّم لك في معالجة المرضى؟
المواقف	هل تظنّ أنّ استعمال EMR هي فكرة جيدة أم سيئة بالنسبة إليك؟ a. هل تعتقد أنّ EMR فكرة جيدة ليجري استعمالها في عيادة؟ b. هل تروّج لـ EMR عند أطباء زملاء آخرين؟ c. هل تدعم تتجيز نظم EMR في هذه العيادة؟
المعتقدات حول مهنة الطب	1. هل تعتقد أنّ EMR قد يجعلك تغيّر الطريقة التي تحبّ فيها أن تعمل؟ بأيّة طريقة؟ 2. هل هناك أيّ تغيّرات مهمة في أعمالك يوماً بعد يوم نتيجة لاستعمالك EMR؟ وإذا كان هذا هو الوضع، فما هي التغييرات؟
بنية المعتقد	1. ما مقدار الضغط الذي تشعره من قبل الإداريين في العيادة لاستعمال أو عدم

العرفي	استعمال EMR؟ 2. هل تشعر بأيّة طريقة أنّ هناك أحداً غير إداريي العيادة يحاول أن يؤثّر فيك في ما إذا كنت أو لم تكن تستعمل EMR؟ مَن تحديداً؟ كيف يحاولون التأثير فيك؟
بنية معتقد التحكم	1. هل تشعر أن لديك ما يكفي من الدعم المتوافرعند استعمالك EMR؟ وإذا كان الجواب لا، ما نوع الدعم الذي قد يلزمك وليس في متناولك حالياً؟ 2. أيضاً، كيف تشعر حول النفاذ إلى الحاسوب المتاح إليك عند الحاجة في هذه العيادة؟ a. هل تشعر أنّ العيادة تعزّز استعمال EMR؟ b. هل تعتقد أنّ لديك نفاذ مناسب إلى تجهيزات الحاسوب بغية استعمالك لـ EMR؟ c. هل تعتقد أنّ هناك ما يكفي من الحواسيب كي تستثمر EMR؟ d. هل تشعر أنّ بإمكانك استعمال الحاسوب متى ما احتجت إليه؟ e. هل تشعر أنّ هناك دعماً حاسوبياً مناسباً ليساعدك عندما يكون لديك مشكلة في استعمال EMR؟

هذا العمل قد نُشر سابقاً في *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics* المجلّد الرابع، العدد 3، المحرر جوزيف تان، الصفحات 38-54، حقوق النشر 2009 من قبل IGI Publishing (من مطبوعات IGI Global).

الفصل الخامس عشر

تنجيز EMR وأهمية الجانب النظري والثقافي

لي سيلوتشي

جامعة كارولينا الشرقية، الولايات المتحدة الأميركية

كارلا ويغنز

جامعة ويسكونسن– ميلوكي، الولايات المتحدة الأميركية

كينيث تريمر

جامعة ولاية أيداهو، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

يدعي الكثير من صنّاع السياسات، والخبراء الصناعيين، والمزاولين الطبيين بأنّ نظام الرعاية الصحية في الولايات المتحدة – في كل من القطاعين العام والخاص – في أزمة. من بين القضايا السياسية العديدة المرتبطة بتزويد الرعاية الصحية في الولايات المتحدة هنالك الطلب على تبنٍّ متزايد لتقانة المعلومات في الرعاية الصحية (HIT) واستعمالها لمعالجة عدم الفاعلية البنيوية وقضايا نوعية الرعاية (GAO, 2005 p. 33). يذكر هذا

الفصل الخطوات الأولى لمجهود بحثي متعدد المراحل في تبني نظام السجلات الطبية الإلكترونية. تُطبِّق المرحلتان الأوليتان من بحثنا النظرية الموحّدة للقبول واستعمال التقانة بصفتها عدسة يجري من خلالها تفسير أجوبة الأطباء الذين يكملون إقامتهم في الطب الأسري؛ تفحص المرحلة الثالثة دور الثقافة المؤسساتية بصفتها متغيراً رئيساً لتتجيز استراتيجي فاعل ضمن السياق ذاته.

مقدمة

كان المقصود من تقرير مكتب المحاسبة الحكومي (GAO) عام 2005 "تحديات القرن الواحد والعشرين: إعادة النظر في قاعدة الحكومة الفيدرالية"، تحديدَ القضايا الرئيسة والخيارات الكامنة لمواجهة تحديات مالية أساسية تواجهها الحكومة الفيدرالية؛ حددت GAO الرعاية الصحية على أنها واحدة من أهم القضايا الرئيسة التي يواجهها صانعو السياسة الفيدراليون. من بين قضايا السياسة العديدة المرتبطة بتزويد الرعاية الصحية في الولايات المتحدة الدعوة إلى تبنٍّ متزايد لتقانة معلومات الرعاية الصحية (HIT) واستعمالها لمواجهة عدم الفاعلية البنيوية ونوعية قضايا الرعاية التي تؤذي صناعة الرعاية الصحية في الولايات المتحدة (GAO, 2005). إنّ العديد من الفوائد الإدارية والسريرية قد كانت مأمولة بتبني HIT عامة، ونظم EMR خاصة. ومع ذلك لا تزال صناعة الرعاية الصحية بطيئة في تبني IT بالنسبة إلى الصناعات الأخرى (Bruke and Menachemi, 2004).

تشجّع الحكومة الفيدرالية في الولايات المتحدة تطوير بنية تحتية لتقانة معلومات الرعاية الصحية قابلة للتشغيل المتبادل على امتداد البلد بحيث:

- تضمن أنّ المعلومة المناسبة لتوجيه القرارات الطبية متوافرة في زمان ومكان الرعاية؛
- تُحسِّن نوعية الرعاية الصحية، وتقلِّل الأخطاء الطبية وتقترح إيصال الرعاية الطبية المناسبة والمستندة إلى دلائل؛

- تخفِّض من تكاليف الرعاية الصحية الناتجة من عدم الكفاية، والأخطاء الطبية، والرعاية غير المناسبة، والمعلومات غير التامة؛
- تعزز ساحة عمل أكثر فاعلية، وتنافساً أكبر، وخياراً أوسع من خلال توافر معلومات دقيقة عن تكاليف الرعاية الصحية، والنوعية والنتائج؛
- تُحسِّن تنسيق الرعاية والمعلومات بين المشافي والمخابر ومكاتب الأطباء وغيرها من مزودي الرعاية في العيادات الخارجية من خلال بنية تحتية فعالة من أجل تبادل آمن ومعتمد لمعلومات الرعاية الصحية؛
- تضمن أنّ المعلومات الصحية الشخصية الخاصة بالمريض آمنة ومحميّة.
- ولهذا فإنّ الهدف الرئيسي من السياسة الفيدرالية هو أن تحقِّق اعتماداً لـ EMR واسع الانتشار بحلول عام 2014 (DHHS, 2004).

تعرض هذه الورقة المراحل الأولى من جهد بحثي متعدد المراحل يسعى إلى:

- تقييم معتقدات الأطباء المقيمين الجدد، ومواقفهم والأعراف المستشعرة من قبل المجموعة بخصوص استعمال EMR خلال فترة إقامتهم بالاستعانة بـ UTAUT (Venkatesh, Morris, Davis, and Davis, 2003)؛
- وتحديد التعليم والتدريب المرتبط بـ HIT والذي تقدمه برامج الإقامة ومدارس الطب وأثره في خيارات المهنة مستقبلاً؛
- وتقييم دور الثقافة على أنها ذات قيمة مضافة لدعم استراتيجية تقييم التوافق بين المهمة والرؤية وأولويات المؤسسة.

لقد استخدمنا تحليلاً وجمعاً للمعطيات كمياً وكيفياً لنؤمّن ما نعتقد بأنه فهم أغنى لدور النظرية الموحدة للقبول واستعمال التقانة (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) ودور الثقافة في تبنّي HIT.

الأطر النظرية

نموذج قبول التقانة (TAM) ونظرية القبول الموحدة واستعمال التقانة (UTAUT)

لقد كان TAM واحداً من المقاربات النظرية السائدة لدراسة تبني تقانة المعلومات واستعمالها وقد ولّد دفقاً غنياً على نحو غير مسبوق من الأبحاث النظرية والعملية المستشهد بها بكثرة (Benbaset and Bakri, 2007; Lucas, Straub, and Burton-Johnes, 2007; Swanson and Zmud, 2007). إنّ TAM هي نظرية نظم المعلومات التي تنمذج كيف يصل المستعملون إلى قبول التقانة واستعمالها: إنّ المفاهيم المرتبطة الرئيسة هي النوايا السلوكية للاستعمال واستعمال النظام. يقترح النموذج أنه عندما يجري تقديم تقانة جديدة للمستعملين، فهنالك العديد من العوامل التي تؤثر في قرارهم حول كيف ومتى سيستعملونها، وبالتحديد الإفادة المستشعرة وسهولة الاستعمال المستشعرة (Lee, Kenneth, and Kai, 2003). إنّ TAM هو اشتقاق من نظرية الفعل المُبرر (TRA) لآجزِن وفيشبين Ajzen and Fishbein وتفترض أنه عندما يقرِّر أحدهم أن يقوم بفعل ما، فإنه (أو إنها) سيقوم بذلك من دون حدود (Bagozzi, 1992). ولأنّ التقانات الجديدة معقدة، فهناك عنصر من الشكّ موجود في أذهان المستعملين المحتملين. تتشكّل المواقف والنوايا ويمكن أن تكون هذه المواقف إيجابية أو سلبية حول استعمال التقانة بصورة عامة وحول فائدة تقانة محددة وسهولة استعمالها. وهكذا، في العالم الحقيقي، هنالك الكثير من القيود التي يمكن أن تحدّ من حرية مستعمل محتمل بأن يتصرف وفق نواياه الأولية (Bagozzi, 1992).

إنّ النظرية الموحدة للقبول واستعمال التقانة (UTAUT) هي تركيب شامل من TAM ويمكن أن تخدم بصفتها عدسة نظرية في ما يخصّ التتجيز الاستراتيجي لـ EMR واعتمادها (Venkatesh, Morris, Davis, and Davis, 2003). تقترح UTAUT جملة من المتحولات تؤثّر بصورة مباشرة في متحولات النتيجة من النية السلوكية واستعمال التقانة. تعتبر النظرية أنّ أربعةَ مفاهيم مستقلة (توقعية الأداء، وتوقعية الجهد، والتأثير الاجتماعي والشروط المسهّلة) محددةٌ مباشرة لسلوك ونية الاستعمال (Venkatesh, Morris, Davis,

and Davis, 2003). إضـافة إلـى ذلك، فإنّ كـلاً مـن المحدّدات المباشرة مرهون بواحد أو أكثر من المتحولات الديموغرافية مثل الجنس والعمر والخبرة والرغبة في الاستعمال. إنّ التحقق من صحة UTAUT في دراسة طويلة الأمد وجد أنّها تكافئ 70% من التباين في نية الاستعمال (Venkatesh, Morris, Davis, and Davis, 2003).

باستخدام تصميم بحثي كيفي في الطور الأول من بحثنا، كان هدفنا هو تحديد معتقدات رئيسة مرتبطة بـ TAM وعوامل تتعلق بالإفادة المستشعرة وسهولة الاستعمال المحسوسة بطريقة تسمح بالحصول على تصوّر أكبر عن تشكّل الإدراكات أو المعتقدات بحيث إنّه يمكن توليد توصيات تالية (أو فرضيات) في تغييرات التصميم في كلّ من أداة تقانة المعلومات أو سيرورات العمل التي يجري فيها استعمال هذه الأداة.

لقد أشارت دراسات حديثة إلى أهمية مواقف الأطباء وأهمية دعمهم في ما يخص التبني الفعلي لـ HIT واستعمالها مثل: Dunnebeil, Sunyaev, Blohm, Leimeister, and (Kermar, 2010; Moran, Heidelberger, Sarnikar, and Bennet, 2010; Illie, Courtney, and Van Slyke, 2007; Lapointe and Rivard, 2005; Snyder, Paulson, and MacGrath, 2005; Kohli and Kettinger, 2004; Daar, Harrison, Shakked, and Shalom, 2003; Hu, Chau, and Sheng, 2002; Treister, 1998). إنّ ممانعة الأطباء لتبني التقانة غير مبرر بالضرورة. أشار سيندر وبولسون وماك غراث (Synder, Paulson, McGrath (2005)) أنه وبينما يمكن تقليص الزمن اللازم لكي يؤدي الفنيون في المجال الطبي مهماتهم، "فإنّ الطبيب (الطبيبة) يُواجه بزيادة في حِمل عمله (عملها)" (الصفحة 90). لقد حدّد دار وهاريسون وشاكيد وشالوم (Darr, Harrison, Shakked and Shalom, 2003) ستة مجالات ذات الصلة: "الآثار الإدارية لـ EMR، والحدود على الاستقلالية المهنية، والأثر في التواصل مع الزملاء، وتسهيل البحث، والدفاع المشروع، والتأثير في التراتبية المهنية ضمن المشفى" (صفحة 353). لقد عرض كير وماك غلين وآدامز وكيزي وآش (Kerr, McGlynn, Adams, Keesey and Asch, 2004) الكثير من القضايا ذاتها وبالتحديد أشاروا إلى النقاط المتعلقة بأثر التقانة، مثل إدخال المعطيات، ونوعية العلاقات

المتبادلة بين الطبيب والمريض، إضافة إلى المشاكل المرتبطة بالمحدوديات المستشعَرَة المتنوعة المفروضة من قبل النظام.

الطور الثاني من تقصّينا عن اعتماد EMR مُقاد بـ UTAUT. التركيز الرئيسي في هذا الطور هو على عامل وسيطي محدَّد من نظرية UTAUT: الخبرة السابقة بمجال EMR. تفترض المعرفة المقبولة عموماً "الكثير من المدارس الطبية وبرامج الإقامة لا تستخدم حالياً EMR أو تدرّب الأطباء المستقبليين عليه؛ إنّ تدريب القوى العاملة الطبية المستقبلية على EMR... يمكن أن يخدم فقط تسريع التبني العام لـ EMR" (Illie, Courtney, and Van Slyke, 2007). وبينما يبدو حدسياً أنّ التجربة السابقة من شأنها أن تترافق إيجابياً مع الاستعمال، فإنّ UTAUT لا تتنبأ بعلاقة بسيطة وخطية وإيجابية كهذه. وهكذا، واعتماداً على AUTAUT بصفتها قاعدة لنظريتنا، فإنّ المرحلة البحثية الثانية الكميّة قد فحصت أثر المعرفة السابقة لـ EMR من قبل الأطباء.

الثقافة بصفتها قيمةً مضافة للتأثير الاجتماعي

تقترح UTAUT أن التأثير الاجتماعي هو واحد من أربعة أسباب مؤثرة مباشرة على نية الاستعمال وسلوك الاستعمال. لقد جرى افتراض أنّ استعمال الثقافة المؤطرة ضمن الاختلافات الدولية وفق هوفستيد (1980) Hofstede، هي وسيط لـ UTAUT (Chengular-Smith and Huang, 2010). نقترح أن الثقافة يمكن أن تكون من بين أقوى التأثيرات الاجتماعية في مؤسسة ما كما يقترح ذلك فنزل (Wenzel, 2005) "تعمل الثقافة بمثابة حاكم صامت" (صفحة 54). عندما يجري إدخال استراتيجيات جديدة مثل التنجيز واستعمال تقانة جديدة، فإنّ المكوّن الثقافي يستحق الاعتبار. في الغالب، يجري استخدام واحدة من ثلاث مقاربات: **1)** يمكن القيام بمحاولات لتغيير الثقافة المؤسساتية القائمة لتوافق الاستراتيجية الجديدة، **2)** أو يمكن للثقافة القائمة أن تبقى وتحاول المبادرات الاستراتيجية أن تتجاوزها، **3)** أو يمكن للاستراتيجيات أن تُظهِر مواءمة جيدة مع الثقافة القائمة (Wenzel, 2005).

للتوضيح، إحدى طرق فهم الثقافة في مؤسسة خدمة صحية محددة يمكن أن يصبح ممكناً من خلال كيفية إجابة الأطباء والمدراء والموظفين عن الأسئلة المتعلقة بالمهمة المؤسساتية وتقييم الأولويات (Swayne, Duncan, and Ginter, 2008). توجه مهمة المؤسسة أفعال المؤسسة وتقودها.

- ما هي مهمة المؤسسة؟
- ما هي القيم المرتبطة بالمؤسسة؟
- ما هي الأولويات العليا والدنيا ضمن المؤسسة؟ الأولويات العليا هي تلك الفعاليات التي تكون في توافق مع قيم المؤسسة ومهمتها. يجب أن تلقى الأفعال التي تقدم مواءمة جيدة أولوية عليا.

يشدِّد سواين ودنكن وغينتر (Swayne, Duncan, and Ginter, 2008) على أنّ ثقافة المجتمع لها أهمية في ما يخصّ تغيير الأفعال (مثل تنجيز EMR)؛ على موظفي إدارة الرعاية الصحية التركيز على الحفاظ على الثقافة المؤسساتية لأنّ الثقافة "... يمكن أن تكون سلاحاً نافعاً في التوظيف، والفاعلية، والابتكار" (صفحة 336). التواصل الفاعل هو طريقة تساعد على المحافظة على الثقافة المؤسساتية. وإحدى طرق التشديد على ثقافة المؤسسة هي التواصل عبر "القصص". يخدم أيضاً إخبار قصص كهذه في تعليم الآخرين الذين يعملون في المؤسسة عن ثقافتها. ومن خلال إخبار هذه القصص الناجحة، يصبحون جزءاً من التاريخ الثقافي للمؤسسة. تصبح القصة بحدّ ذاتها ذات معنى لأفراد الموظفين الذين يعملون هناك (Higgins and McAllaster, 2003). ولأنّ قصصاً كهذه تخدم بصفتها قيمة مضافة لاستراتيجية الدعم، وبالنتيجة تشجع مشاركة إضافية من قبل الأفراد الموظفين ليتابعوا ثقافة الجودة، وفي هذه الحالة الخاصة استعمال EMR.

بالتوازي مع التواصل الفاعل، يجب أيضاً على مديري الرعاية الصحية أن يتصرفوا بطرق متوافقة مع قيم المؤسسة ورؤيتها. يقترح سواين ودنكن وغينتر (Swayne, Duncan, and Ginter, 2008) تبنّي مقاربة تفكير استراتيجية لدراسة استراتيجيات الدعم ذات القيمة

المضافة التي يمكنها أن تحدد هوية التوافقات في الثقافة والاستراتيجية (أو عدمها). تقوم هذه المقاربة على المُدخل الشخصي وتعرض توجهاً أثناء التخطيط الاستراتيجي؛ تعرض السيرورة طريقاً لتفحص في ما إذا كانت المبادرات الاستراتيجية هي مواءمات جيدة للاستراتيجية المؤسساتية. في هذه المقاربة، يجري تقييم الثقافة بدلالة افتراضاتها والقيم والسلوك وأعراف المؤسسة. وهكذا فإنّ تحليلاً داخلياً ذاتياً يركّز أولاً على تحديد هوية ثقافة المؤسسة. ثانياً، يجري القيام بتقييم يتعلق في ما إذا كانت المواصفات الثقافية تدعم تبني الاستراتيجية المختارة وتنجيزها (مثل تنجيز EMR). وأخيراً، يجب تحديد هوية أيّ من الاستراتيجيات الداعمة، مثل فعل القيادة، والتواصل المتزايد، إضافة إلى التدريب ومشاركة المستخدم النهائي في سيرورة صنع القرار. وهكذا، تسمح المقاربة للسيرورة بمطابقة الثقافة والاستراتيجية لتساعد على توليد مبادرات ناجحة (كما في هذه الحالة تنجيز EMR).

الطور الثالث من تحرّينا عن تبني EMR، يستخدم فحصاً كيفياً عن التأثير الاجتماعي للثقافة. تتغلغل الثقافة المؤسساتية ضمن المؤسسة (Swayne, Duncan, and Ginter, 2008; McConnel, 2006; Wenzel, 2005). يؤثّر هذا المفهوم عن الثقافة في الطريقة التي يقوم بها الناس في مؤسسات الرعاية الصحية بعملهم، ونقترح أنه يؤثّر في نية المؤسسة لكي تستثمر EMR وكذلك في الاستعمال الفعلي لـ EMR.

الموقع والمراحل الثلاث للبحث

الموقع الرئيسي للمراحل الثلاث في عملنا هو عيادة الطب الأسري (FMED) في المنطقة الغربية لإنترماونتين (Intermountain) في الولايات المتحدة، وتقبع العيادة في واحد من المراكز المكتظة بالسكان في الولاية بتعداد أقل من 75,000 نسمة.

جرى الحصول على منتج (Centricity Physician Office EMR) من خلال تمويل منحة وجرى تحميل المعطيات مسبقاً إليه في خريف 2004، وقد شهد المرضى الأوائل استعمال EMR في كانون الأول ديسمبر 2004. وجرت رؤية جميع المرضى

باستعمال EMR بحلول ربيع 2005، وأصبحت الوصفات الطبية الإلكترونية متاحة في كانون الأول ديسمبر 2006. كانت المعطيات متاحة في العيادة من خلال شبكة لاسلكية وجرى تزويد جميع الأطباء المشرفين بحواسيب محمولة بينما هم في عملهم بعيداً عن العيادة بانتظار مكالمة. كانت المعطيات متاحة أيضاً من مشفى مجاور، ومن خلال نفاذ آمن من بُعد من خارج الموقع. بالإضافة إلى ذلك، فإنّ الاختبارات المخبرية والإشعاعية والصيدلانية بما في ذلك الوصفات الطبية الإلكترونية قابلة للنفاذ من خلال الشبكة.

هنالك أيضاً ثمانية أطباء من موظفي عيادة FMED هم أيضاً في كلية المهن الصحية، قسم الطب الأسري في الجامعة التي ينتسب إليها FMED. يجري تنظيم مزاولة العمل في FMED من قبل الأطباء العاملين فيها بصفة مدير ومدير مشارك، وهناك مدير في الصيدلة بصفته مديراً للبحوث.

يجري تصميم برنامج الإقامة للطب الأسري لتدريب الأطباء للمعالجة الناجحة للأسر الريفية. يجري قبول ستة مقيمين في البرنامج سنوياً، ما ينتج منه ثمانية عشر مقيماً قيد التدريب أثناء السنوات الثلاث المقررة للبرنامج، وهذا جزء من التدريب الطبي تحضيراً للحصول على شهادة البورد. يكون المقيمون قد حصلوا على شهادة طبية (M.D.) أو (D.O.) ويشرف عليهم أطباء من مرتبة أعلى.

المقابلات المفتوحة وجهاً لوجه

لتقييم معتقدات المقيمين ومواقفهم والأعراف الجماعية المستشعرة في ما يتعلق باستعمال EMR خلال فترة إقامتهم، جرى القيام بمقابلات مفتوحة خلال خريف 2007 مع سبعة من أصل ثمانية عشر مقيماً من برنامج الإقامة للطب الأسري، وهكذا كان لدينا مستوى 39% من المشاركة، والذي لم يكن مفاجئاً إذا علمنا بالطبيعة المكثّفة لمقابلاتنا البحثية وجدول الأعمال المكتظ جداً للأطباء المقيمين.

ثلاثة مقيمين كانوا في السنة الثالثة والأخيرة واثنان في السنة الثانية واثنان في السنة الأولى. ثلاثة من المقيمين كانوا من الإناث وأربعة من الذكور، وقد كان اثنان منهم في العشرينات من العمر بينما كان الخمسة في الثلاثين أو أكبر، وثلاثة منهم كانوا من دول أخرى. لم يكن عند أربعة من المقيمين أية خبرة بالسجلات الطبية الورقية أو الإلكترونية قبل قبولهم في برنامج الإقامة الأسري. سبق لاثنين من المقيمين أن عملا بـ EMR. بالإضافة إلى ذلك، فإنّ لدى اثنين من المقيمين خلفية معتبرة في نظم المعلومات، وقد عمل كلاهما في وظائف دعم سبقت حصولهما على الشهادة الطبية MD.

استطلاع ما قبل الاستعمال

المرحلة الثانية من هذا العمل كانت مشروع استطلاع مكتوب وقد جرت خلال ربيع 2008. جرت الدعوة للمشاركة لكل من المقيمين وأعضاء الكلية المذكورة أعلاه وللمقيمين في برنامج للإقامة شبيه في مجال الطب الأسري ضمن الولاية. الأسئلة المضمنة في الاستطلاع جرى توجيهها بناء على النتائج من المقابلات وجهاً لوجه التي ناقشناها أعلاه. أعيد إلينا 100% من استطلاعات الخمسة عشر مستَطلَعاً من الكلية و37% من استطلاعات السبعة عشر مستَطلَعاً من المقيمين، أربعة عشر من المقيمين كانوا إناثاً، وثمانية عشر كانوا ذكوراً، 26 كانوا MD وأربعة كانوا DO وأشار اثنان إلى أنهما طبيبان مشرفان.

جودة مشروع الرعاية

لقد جرى إطلاق الجودة بصفتها مشروعاً ثقافياً بصورة مستقلة من قبل FMED. جرى الطلب من جميع المقيمين بأن يشاركوا في مشروع الجودة قبل مغادرتهم الإقامة وانتقالهم إلى موقعهم الأول لمزاولة عملهم. إنّ الجودة بصفتها مشروعاً ثقافياً مشاراً إليها هنا قد ركّزت على التوثيق وتقييم قياسات الأداء السريرية لمرضى السكري الراشدين من جمعية الأطباء لتحسين الأداء (PQRI)، لم يكن لهذا المشروع أن يُنفّذ من دون استخدام EMR.

كرّمت كواليس هيلث (Qualis Health)، وهي مؤسسة غير ربحية لتحسين جودة الرعاية الصحية وذات سمعة وطنية، FMED بجائزتها للتميز في مجال جودة الرعاية الصحية عام 2008 نظراً لإدارتها المُثبتَة وابتكارها في تحسين ممارسة الرعاية الصحية. لقد أشارت (Qualis Health) تحديداً إلى FMED بصفتها واحدة من العيادات القليلة في البلد التي يمكن أن تولّد بسهولة معطيات سريرية موثوقة.

النتائج

توقعية الأداء

"تُعرّف توقعية الأداء على أنها الدرجة التي يعتقد عندها الفرد أنّ استعمال النظام سوف يساعده (يساعدها) في الوصول إلى تحسّن في أداء العمل" (Venkatesh, Morris, Davis, and Davis, 2003, p. 447). كان المقيمون السبعة في المرحلة الأولى مجمعين في توقعاتهم على أنّ تبني EMR سيحسّن من قدرتهم على توفير الرعاية الطبية. وعلى الرغم من أننا وجدنا تبايناً في كيفية استعمال كلّ مقيم لـ EMR مع المرضى، فقد نوّهوا دوماً بأهمية توافر معطيات المريض عند كل وقت، سواء من العيادة أو المشفى.

كذلك نوّه المقيمون بأهمية الحصول على عناصر معطيات قياسية في النظام بصفتها مكوّناً من توقّع أدائهم. وعلى الرغم من أنّ 60% من المرضى في FMED يرون طبيباً ثابتاً، فإنّ التبديل المتأصّل للمقيمين يفرض عدم استقرار على المدى الطويل على العلاقة بين المريض والطبيب، وقد أشار المقيمون إلى أنّ الحصول على معطيات قياسية يسهّل رعاية المريض من خلال تزويد موثوق بتاريخ كل مريض وتشخيصه ومعلومات معالجته.

توقعية المجهود

"تُعرّف توقعية المجهود على أنها درجة السهولة المرافقة لاستعمال النظام" (Venkatesh, Morris, Davis, and Davis, 2003, p. 450). نوّه المقيمون السبعة بالإجماع بالدقة في تدوين معطيات المريض وإمكانية تحديد موقع المعطيات بسهولة. لقد جرت مناقشة النفاذ السهل إلى العمل المخبري، والأدوية، والزيارات السابقة والتاريخ والظروف على أنها كلها من مزايا النظام، وذلك إضافة إلى كون المعطيات قابلة للقراءة. لقد جرى حديثاً إضافة الوصفات الطبية الإلكترونية إلى وظائف النظام وقد ذُكرت أيضاً على أنها ميزة للنظام.

إجمالاً، كان إدخال المعطيات المشكلة الرئيسة بـ EMR كما أشار إلى ذلك المقيمون. لقد علّق أحد المقيمين من السنة الثالثة أنّ "الزمن الذي يستغرقه إدخال جميع المعطيات يجعل من الصعب رؤية المزيد من المرضى". علّق مقيم آخر قائلاً "يستغرق إنهاء العمل وقتاً طويلاً للغاية... يوجد الكثير من نقلات علامات التبويب Tabs... قد يكون مساعداً إدخال المعطيات الضرورية على وريقة واحدة". لقد جرى ذكر تصفّح النظام على أنه مشكلة من قبل مقيم آخر في السنة الثالثة. ترددت تعليقات مشابهة من قبل جميع المقيمين باستثناء مقيم خبير بالتقانة لديه خبرة سابقة في دعم النظم وتطويرها. لقد علّق هذا المقيم في السنة الثالثة بأنه "خبير بـ EMR".

لقد ذُكرت عوائق إضافية ضمّت فاعلية النظام والطبيعة المُثقلة لكثير من الشاشات، مع ما يضمه بعضها من نقلات علامات تبويب متعددة للإجراءات أساسية. ولأنّ المقيمين ينهون مثالياً أعمالهم الورقية بين المواعيد، فقد جرى ذكر الانقطاعات أيضاً على أنها من معيقات النظام.

وهكذا، من هذه المقابلات وجهاً لوجه وجدنا دليلاً قوياً لدعم TAM. إنّ نموذج TAM يقترح أن توقعية الأداء وتوقعية المجهود تتنبآن بالنية السلوكية للاستعمال والاستعمال الفعلي للنظام. إنّ مفهوم توقعية الأداء كان عالياً بالنسبة إلى هؤلاء المقيمين؛

وافق الجميع أنّ EMR يمكن أن يحسّن الرعاية التي يقدمونها، وبالأساس نظراً للنفاذ المتزايد إلى معطيات المريض. لقد وجدنا أيضاً دليلاً أكثر من كافٍ عن المفهوم الآخر لـ TAM، ألا وهو توقعية المجهود، فالشكاوى الرئيسة للمقيمين كانت عن كمية الجهد الذي يتطلبه إدخال المعلومات، وتصفّح النظام، والعمل من خلال جميع نقلات علامات التبويب عند إغلاق سجل مريض والانتقال إلى سجل آخر.

إنّ (UTAUT) هي إلى حدّ ما أكثر تعقيداً من TAM من حيث أنها تقترح أربعة مفاهيم مستقلة (توقعية الأداء، وتوقعية المجهود، والتأثير الاجتماعي، والظروف المسهّلة) على أنها محدِّدات مباشرة لسلوك ونية الاستعمال (Venkatesh, Morris, Davis, and Davis, 2003). إضافة إلى ذلك، فإنّ كلاً من المحددات المباشرة يجري توسّطه بواحد أو أكثر من مجموعة المتحولات الديموغرافية مثل الجنس والخبرة والرغبة بالاستعمال.

التأثير الاجتماعي

"يُعرّف التأثير الاجتماعي على أنه الدرجة التي يُدرِك فيها فرد أنّ معتقد الآخرين مهم بحيث يجب عليه أو عليها أن يستثمر النظام الجديد" (Venkatesh, Morris, Davis, and Davis, 2003, p. 451). في FMED، فرضت الثقافة المؤسساتية التوقع بأن يُستثمَر نظام EMR.

عند مناقشة تأثير الأقران، أكّد المقيمون باستمرار أنّ أقرانهم لا يحلو لهم النظام. لقد جرت أيضاً مناقشة أنّ بعض المقيمين استفادوا أكثر من النظام وكانوا إلى حدّ ما مَهَرة بـ EMR. علّق المقيمون أنّ تأثير الأقران كان مشجّعاً في ما يخصّ تعديلات الشاشة. أشار أحد المقيمين "الخبير بالتقانة" أنّ "للأقران تأثيراً كبيراً في أيّ قوالب جرى استخدامها".

الظروف المسهّلة: الجنس والعمر والخبرة ورغبة الاستعمال

"تُعرّف الشروط المسهّلة على أنها الدرجة التي يعتقد فيها فرد بأنّ البنية التحتية التقنية والمؤسساتية موجودة لتدعم استعمال النظام" (Venkatesh, Morris, Davis, and Davis, 2003, p. 453). لقد وُجِدت ظروف مسهّلة واسعة الطيف للنفاذ إلى EMR في FMED. **أولاً**، جميع المقيمين لديهم جهاز محمول خفيف الوزن بتقانة شاشة لمس وشاشة كاملة مشابهة للوحة القطع واللصق (الحافظة). **ثانياً**، شبكة لاسلكية تؤمِّن نفاذاً إلى النظام إما من FMED أو من المشفى المجاور. سمح هذا بإدخال المعطيات ليس بالقرب من غرفة الفحص فقط، ولكن أيضاً من أي مكان ضمن المرفق، وعند أي وقت. **ثالثاً**، أمّن موظفو IT في FMED خدمات دعم في منزل كلّ مقيم بغية تشكيلهم للسماح بالنفاذ عن بعد إلى EMR.

لم نلحظ أي فروقات ملموسة في توقعات الأداء وفقاً لكلٍّ من الجنس أو العمر ضمن مقابلاتنا لعام 2007. بالإضافة إلى ذلك، كان لدينا تغيرات قليلة في أعمار المقيمين إذ إنّ معظمهم كانوا في أواخر العشرينات إلى منتصف الثلاثينات، وهكذا لم نكن قادرين على التعليق على العمر بصفته متغير تحكيم. غير أنّ الخبرة التقنية لها تأثير معين في الجهد المتوقع والنية السلوكية لاستعمال النظام في هذه المرحلة من الدراسة. لقد جهد المقيمان "الخبيران بالتقانة" للتمكّن من النظام وأدركا أنّ عليهما أن يتعلما النظام إما من خلال التدريب أو بنفسيهما. ولأنّ التدريب قد ذُكر كثيراً من قبل المقيمين عند مناقشة نواياهم لاستعمال النظام، فنحن نقترح أنّ مستوى وطبيعة التدريب المؤمَّنة للمقيمين كانت عاملاً مسهّلاً.

لم يكن استعمال EMR اختيارياً أمام المقيمين في هذه الدراسة. لم يكن هناك خيار آخر، لذلك فإنّ جميع المقيمين إضافة إلى أعضاء الكلية في FMED قد استثمروا EMR.

استطلاع 2008 عن خبرة المقيمين بـ EMR وقرارات الاستعمال المستقبلية

إنّ الطور الثاني من بحثنا هو تحليل كمّي لاستطلاع عام 2008 الذي ركّز على عامل تحكيم محدد في نظرية UTAUT ألا وهو التجربة السابقة بـ EMR. فهناك معرفة مقبولة عموماً تفترض أنّ "الكثير من المدارس الطبية وبرامج الإقامة لا تستخدم حالياً EMR أو لا تدرّب الأطباء المستقبليين على استعمال EMR؛ إنّ تدريب القوة العاملة الطبية المستقبلية لتعتمد على EMR... من شأنه أن يخدم تسريع اعتماد شامل لـ EMR" (Kerr, McGlynn, Adams, Keesey and Asch, 2004). وبينما قد يبدو حدسياً أنّ الخبرة السابقة يمكن أن تترابط إيجابياً مع الاستعمال، لا تتنبأ UTAUT بالضرورة بمثل هكذا علاقة خطية إيجابية بسيطة.

استعمال EMR في المدارس الطبية

أشار 43.8% من المشاركين في سيرورة استطلاعنا عام 2008 أنهم قد استعملوا EMR بينما كانوا في المدرسة الطبية. هناك اختلاف بين الكلية والمقيمين، واحد فقط من بين 15 مشاركاً من الكلية (7%) استعمل EMR في المدرسة الطبية؛ مقابل 13 من أصل 17 من المقيمين (76.5%) استعملوا EMR في المدرسة الطبية؛ وعندما سئلوا إذا كان وجود EMR أو عدمه له أثر في اختيارهم لبرامج الإقامة، أشار سبعة من أصل 13 مقيماً الذين استعملوا EMR في المدرسة الطبية (53.8%) أنّ EMR لم تؤثّر في اختيارهم للإقامة؛ وقد أشاروا جميعاً أنّ تفضيلهم كان لإقامة بوجود EMR.

استعمال EMR في برامج الإقامة للطب الأسري

نحو 61% من الإجمالي الكلي قد استعملوا EMR في برنامج الإقامة الخاص بهم. ولما كانت برامج الإقامة المختارة في هذه الدراسة التجريبية الإرشادية قد تبنّت EMR، فإنّ 100% من المشاركين المقيمين في هذه الدراسة قد أشاروا إلى أنهم استعملوا EMR في

إقامتهم. بالمقارنة، فإنّ اثنين فقط من الكلية قد استثمرا EMR أثناء برنامج إقامتهما. ومن أصل 19 مجيباً الذين أشاروا إلى أنهم يستعملون أو استعملوا EMR في برنامج إقامتهم، أشار 11 (57,9%) أنّ EMR كانت في إقامتهم وَدودة جداً للاستعمال أو إلى حد ما ودودة ، وأشار اثنان (10.5%) إلى أنها كانت لا وَدودة ولا غير وَدودة، في حين أشار ثمانية (42.1%) إلى أن EMR في الإقامة كانت إلى حدّ ما أو كثيراً غير ودودة للاستعمال.

اختيار مواقع المزاولة

عند السؤال إذا كان وجود أو عدم وجود EMR قد أو يمكن أن يؤثّر في خيارهم لمواقع مزاولتهم الأولى للطب، فإنّ 12 في المجموع الإجمالي (37.5%)، منهم تسعة كانوا مقيمين (52.9%) وثلاثة من الكلية (20%)، قد أشاروا إلى أنّ EMR كان أو يمكن أن يكون مؤثراً في مواقع المزاولة الأولى. أحد عشر من هؤلاء الأطباء قالوا بأنهم يفضلون مزاولة الطب بوجود EMR، واحد فقط فضّل مزاولة الطب من دون EMR. وأشار عشرون من المجموع الكلي (62.5%)، منهم ثمانية مقيمين (47%) و12 من الكلية (80%)، إلى أنّ EMR ليس لها أو لا يمكن أن يكون لها أثر في خيار مواقع المزاولة الأولى.

وهكذا، فإنّ استطلاعنا لعام 2008 للمقيمين وأعضاء الكلية وجد أنه على الرغم من أنّ UTAUT تتنبأ بعلاقة إيجابية بين الخبرة بـ EMR والرغبة بتبني هذه التقانة، فإنّ تلك العلاقة الإيجابية عند 62.5% من الأطباء في هذه الدراسة قد تكون غير موجودة.

دور الثقافة

المهمة، والقيم، والأولويات

عند إدخال استراتيجيات جديدة، مثل تنجيز EMR أو مبادرة جودة الثقافة في FMED، فإنّه ينبغي اعتبار ثقافة المؤسسة. إنّ نجاح استعمال EMR في مشروع جودة الثقافة تعود بشكل كبير إلى مواءمتها الجيدة وتماشيها مع الثقافة المؤسساتية القائمة.

تجسّد بيانات المهمة (Mission statements) للمؤسسة النية والصورة الذاتية للمؤسسة. إنها تحدد الأهداف العليا للمشفى وتخدم بصفتها خريطة طريق للإدارة الاستراتيجية، وتعكس بياناتُ المهمة والقيمة شخصيةَ المؤسسة وإدارتها الاستراتيجية وأولوياتها ويغنز، هاتزنبوهلر، بيترسون (Wiggins, Hatzenbuehler, and Peterson, 2008).

وبإشارة خاصة إلى FMED:

- ما هي مهمة المؤسسة؟ إنّ مهمة FMED هي تقديم خبرة تعليمية على مستوى جامعي يصبح من خلالها المقيمون أطباء أسرة ناضجين وخبراء ورحيمين. في بيئة متميزة بابتكار سريري وتقني وأكاديمي، فإنّ كلّ متعلّم وأستاذ يجري تشجيعه ليتابع طريقاً في التنمية المهنية الفردية والقيادة. من دعم السياسات العامة مروراً بأحدث تقانات المعلومات إلى رعاية عالية الجودة متعددة الجوانب للأشخاص غير المخدمين كفاية، نسعى ونشجع على الأفضل في طب الأسرة. في FMED، تكون المهمة في تدريب الأطباء للوصول إلى ممارسة ناجحة للطب الأسري الريفي.

- ما هي القيم المرتبطة بالمؤسسة؟ تركّز قيم المؤسسة على التعريف بها بأنها مكان حيث يساعد التدريب والتعليم على إنتاج طبيب أسرة متعاطف وماهر. وهكذا فإنّ فاعليتها تدعم التركيز على التربية والتعليم وتمركز المريض.

- ما هي الأولويات العليا والدنيا ضمن المؤسسة؟ الأولويات العليا هي تلك الفعاليات التي تكون في تناغم مع قيم المؤسسة ومهمتها. إنّ الأفعال التي تقدّم مواءمة جيدة يجب أن تلقى أولوية عليا. وهكذا، فإنّ تنجيز EMR ومبادرات الجودة تقدّم مواءمة جيدة مع قيم المؤسسة في FMED تحديداً بسبب تركيزها على الابتكار التقني لتخدم المريض بصورة أفضل. كان استعمال EMR إجبارياً: عندما جرى تنظيف غرفة الملفات الورقية وتحوّلت إلى مكان مكتبيّ، جسّد هذا الأولوية العليا الموضوعة من قبل FMED لاستعمال EMR.

التواصل والأفعال في توافق مع المهمة والقيم والأولويات

إضافة إلى المهمة والقيم والأولويات فإنّ قصص النجاح والفشل المحكية والمكررة، والأبطال والشريرين تشدّد على الثقافة. خبرات FMED والقصص التي جرت ركّزت على التأثير الإيجابي في المريض. لقد نوّه أطباء FMED بقيمة تبنّي EMR في كلّ من مقابلات 2007 واستطلاع 2008. وتحديداً، فإنّ خفض الخطأ على المريض من خلال الوصفات الطبية الإلكترونية، والتحقق المضاعف في ما يتعلق بسلوكيات الأدوية المعطاة وفقاً لوصفة، ومقدرة الأطباء على النفاذ إلى معلومات المريض من مواقع حاسوبية عن بُعد، كانت من أكثر المكونات ذات القيمة المضافة ملاحظةً.

أشار أطباء FMED الذين جرت مقابلتهم في 2007 وأعضاء الجامعة والمقيمون الذين جرى استطلاعهم في 2008 إلى عوامل لم تساهم بإضافة قيمة. هذه العوامل تضمّ ملاحظات بأنّ البرمجية لم تكن وَدودة الاستعمال، ولم يكن من السهل على الأطباء إدخال المعطيات، وأنّه لم يكن من السهل بالنسبة إلى الأطباء إدخال المعطيات، وأنّ

الحاسب المحمول وإجرائية إدخال المعطيات قد ولّدت اضطراباً في العلاقة المتبادلة مع المريض.

على الرغم من هذه المشاكل، فإنّ الاعتراف بقيمة EMR بالإجماع تقريباً نتج بعد أن برهن استعمال EMR على فوائد مباشرة على سلامة المريض وجودة الرعاية. وكتوضيح لذلك، مكّن EMR المقيمين من تقييم كيف أنّ الكثيرات من مريضات السكري الإناث في سنّ الحمل قد جرى وصف أدوية لهن ذات إمكانات تأثير على الأجنّة إذ تتمتع تلك الأدوية بإمكانيات عالية في التسبب بتشوهات ولادية، وذلك من دون تدوين أيّ استشارات لمنع الحمل. وفوق ذلك، 22% من أولئك قد جرى إعطاؤهن هذه الأدوية ذات الإمكانات الخطرة من قبل طبيب خارج FMED. أرسلت FMED رسالة مصدّقة إلى أولئك المريضات تنصحهن بشدة بإيقاف الدواء ومراجعة مزوّدهن الرئيسي بالرعاية الصحية. من جهة أخرى، اتصلت FMED بمزودي الرعاية الصحية الرئيسيين لأولئك المريضات ونبهتهم إلى خطورة الموقف.

هذه القصة قد ربطت EMR بجودة التثقيف في FMED وكانت برهاناً مباشراً على أنّ حياة المرضى تحسّنت بفضل EMR ومبادرات مشروع الجودة. من المفيد الإشارة إلى أنّ قصة النجاح هذه لم تكن لتحصل من دون عمل EMR ومشروع الجودة معاً.

وكما أشرنا سابقاً، فقد اقترح سواين ودنكن وغينتر (Swayne, Duncan, and Ginter, 2008) أنّ على المديرين أن يتصرفوا بطرق متوافقة مع القيم والرؤية. وهكذا، فإنّ تبنّي الجودة بصفتها برنامج مشروع التثقيف، والذي قام على EMR وشجّع تتجيزها قد دعم أهمية التنجيز الناجح في FMED.

دعم القيادة

لقد كان دعم قيادة FMED للمحافظة على الثقافة أساسياً لنجاح تنجيز EMR والجودة بصفتها مشروعاً ثقافياً. للمحافظة على الثقافة، يركّز القادة على التواصل الدائم والسلوك والتقييم (Swayne, Duncan, and Ginter, 2008). في FMED هناك تواصلات كثيرة حول أولوياتها من خلال جهود تدريب IT والاتصالات الشفهية والمكتوبة التي تشدِّد على أهمية تنجيز IT للوصول إلى مُخرجات محسّنة بالنسبة إلى المريض. كانت الرسالة واضحة: قيادة FMED دعمت الجهود، أي إنّ توطين IT، والجودة بصفتها مشروعاً ثقافياً، هما مهمان في FMED.

مقاربة التفكير الاستراتيجي

كما ذُكر سابقاً، فإنّ سواين ودنكن وغينتر (Swayne, Duncan and Ginter, 2008) قد دعموا استعمال مقاربة التفكير الاستراتيجي في ما يخصّ استراتيجيات الدعم ذات القيمة المضافة في تحديد التطابق (أو عدم التطابق) في الثقافة والاستراتيجية.

في حالة FMED، لم يجرِ تطور المقاربة الاستراتيجية خلال مرحلة التخطيط الاستراتيجي. بدلاً من ذلك، تبنينا مقترح سواين ودنكن وغينتر (Swayne, Duncan and Ginter, 2008) لتجسيد التوافق بين الثقافة والاستراتيجية في FMED. هذا يسمح لنا بطريقة لمناقشة أهمية الثقافة للنجاح الاستراتيجي.

مواءمات الثقافة والاستراتيجية

ركّزت ثقافة FMED المؤسساتية القوية على الابتكار، والرعاية الأولية الفاعلة للسكان الريفيين المرضى، وتعليم طب الأسرة للأطباء. لقد قدّم تنجيز EMR والجودة بصفتها مشروعاً ثقافياً مواءمة جيدة مع الطريقة التي أدّت بها عادة FMED عملها. كانت المنح مؤمّنة لدعم التطورات التقنية الابتكارية مثل EMR؛ إنّ FMED محتضنة في الجامعة التي تُعدّ مكاناً لجهود تربوية مستمرة وللمشاريع المصممة وفق آخر ما وصلت إليه

التقانـة. لقد ضـمّت الاسـتراتيجيات الداعمـة والنشـاطات المحيطـة التـي سـاعدت ضـمان النجاح دعماً مستمراً لتقانات المعلومات في ما يخص التدريب والتوجيه الفردي. لقد اهتمّ مختصـو IT بمُدخلات الطبيب فـي مـا يخصّ مجموعـة الوثـائق وإدخـال المعطيـات. أمـا القادة فقد شدّدوا على أهمية المشروع من خلال سلوك يدعم الاستراتيجية ، مثل الخفض في جدول الأعمال من عدد المرضى خلال زمن محدد.

إنّ الثقافـة المؤسسـاتية التـي كانـت موجـودة فـي FMED قـد أثّـرت فـي التنجيـز الاسـتراتيجي الفاعل. إنّ تبنّـي EMR والجودة بصـفتها مشروعاً ثقافياً كانـا فـي توافق مـع مهمة FMED وقيمها.

الخاتمة

إنّ استعمال TAM بصفتها إطاراً لتفسير إجابات مقابلتنا الأولية 2007 من قبل المقيمين يزوّد عدسة مكبرة من خلالها قيّمنا عوامل كامنة وواسعة لاعتماد EMR من قبل مقيمي الطب الأسري. لقد وافق المقيمون بسرعة وبالإجماع أنّ EMR مساعد في تزويد رعاية طبية محسنة. كانت المشكلة الرئيسة المعبّر عنها من قبل المقيمين هي عدم وِدِّ النظام، ممثلاً بمتطلبات إدخال فائض من المعطيات والنقر من خلال نماذج وشاشات متعددة. نقبل أنّ هذه المرحلة الكيفية الأولى من التحري تدعم TAM بصفتها عدسة مكبرة معقولة ندرس من خلالها تنجيز EMR واستعمالها.

بالاستعانة بـ UTAUT بصفتها النظرية الرئيسة، وعندما جرى سؤال المجيبين عن اسـتطلاع 2008 إذا كـان لوجـود EMR تـأثير أو يمكـن أن يكـون لهـا تـأثير فـي خيـارهم لمواقـع مـزاولتهم الأولـى للطـب، أشـار فقط 37.5% أنّ EMR كـان لهـا تـأثير فـي مواقـع المزاولة الأولى مع وجود أحد عشر من هؤلاء الأطباء قد أشاروا أنهم فضلوا مزاولة الطب بوجود EMR، وفضّل أحدهم المزاولة من دون EMR. أشار 62.5% أنّ EMR ليس لها أو لا يمكن أن يكون لها أثر في خيار المواقع الأولى لمزاولتهم. وهكذا، وجد الطور الثاني

من بحثنا أنه رغم أنّ UTAUT يتنبأ بعلاقة إيجابية بين التجربة مع EMR والنية بتبني هذه التقانة، فإنّه بالنسبة إلى 62.5% من الأطباء في هذه الدراسة، قد لا توجد مثل هذه العلاقة الإيجابية.

باستعمال مفهوم الثقافة المؤسساتية وتقييم تماشيها مع الاستراتيجية، فإنّ الطور الثالث من بحثنا بتقييمه تنجيز EMR وجودة المشروع الثقافي في FMED قد وجد مواءمة جيدة مع ثقافة FMED. لقد تبنّت FMED الجودة كمشروع ثقافي من ثلاث سنوات ركّز على استعمال نظام السجلات الطبية الإلكترونية وقد ساعد على توليد وسط لقياس المزاولة الطبية وتحسينها. لقد نتج من المشروع تلقّي FMED جائزة التميّز من كواليس هيلث في 2008 بصفتها واحدة من العيادات القليلة في البلد التي يمكنها بسهولة توليد معطيات سريرية موثوقة. إنّ تطابق الثقافة المؤسساتية مع مهمة FMED وقيمها وأهدافها كان أساسياً لإنجاز استراتيجي ناجح.

مناقشة وتوجيهات لأبحاث مستقبلية

هذه النتائج هي من المراحل الثلاث الأولى من سير بحثنا المستمر، وقد وجدنا من المهمّ ملاحظة المواقف الأكثر إيجابية تجاه EMR التي عُبِّر عنها من قبل المشاركين في هذه الدراسة مقارنة بتلك المقدّمة في أعمال آخرين. نعترف أنّ هذه المواقف الأكثر إيجابية يمكن أن تنتج جزئياً من حقيقة أنّ إمكانات EMR تتحسّن مع مرور الزمن، والكفاية التقنية لعديد من هؤلاء المجيبين، ودرجة مشاركة المقيمين في تشكيل النظام. وإضافة إلى ذلك، فإنّ تجربة العمل ضمن ثقافة مؤسساتية دعمت HIT يمكن أيضاً أن تكون قد أضافت إلى هذا الموقف الإيجابي.

لقد استُعملت TAM و UTAUT على نطاق واسع لدراسة نوايا الأطباء لاعتماد EMR واستعمالها. أحد العوامل الموسطة في UTAUT هو الخبرة. لقد وجد عملنا أنه على الرغم من أنّ UTAUT تنبّأت بعلاقة إيجابية بين الخبرة بـ EMR والنية بتبنّي هذه

التقانـة، فبالنسـبة للمشـاركين فـي هـذه الدراسـة، تلـك العلاقـة الإيجابيـة يمكـن ألا تكـون موجودة. هذه النتيجة غير المتوقعة إلى حدّ ما تتطلّب تحرياً إضافياً في سياقات مختلفة وبين أطباء من اختصاصات مختلفة قبل أن نستطيع استخلاص أي نتائج تتعلق بفائدة UTAUT و EMR أو الوثوقية.

بالإضـافة إلـى ذلـك، إنّ كـلاً مـن TAM و UTAUT هـي نظريـات نظـم معلومـات حاسوبية ولم يجرِ تطويرها خصيصاً لدراسة HIT. نعتقد أنّ رأياً مهماً يمكن تكوينه وهو أنّ اعتمادات HIT وتتجيزها هي حالة خاصة مع مجموعتها الخاصة بها من الأسئلة، والمشاكل والاعتبارات.

تجد تقريباً بالإجماع دراسات استعمال الأطباء لـ EMR أو عدمه أنّ الأطباء قد انجذبوا بحذر إلى فكرة EMR وإلى الفوائد الممكنة لـ EMR لمزاولتهم ولمرضاهم، ولكنهم ليسوا مقتنعين بعد لأنهم لم يروا برهاناً واضحاً ودقيقاً في الأدبيات. يبدأ الكثير من المؤلفين عملهم بشكوى من نسب التبني المنخفضة لـ EMR بين الأطباء (Randeree, 2007, Kaushal et al., 2009, Holden, 2010). في الواقع، تغصّ الأدبيات بقصص منذرة بفشل التتجيز (Randeree, 2007)، والتكلفات العالية للتهجير من الورق إلى الملفات الإلكترونية (Davis, 2008)، وتكاليف الاقتناء والنفاذ إلى المعلومات فليجيل (Flegel, 2008)، وقضايا أمان المعلومات وخصوصية المريض توماس (Thomas, 2008)، والأداء المكتبي القصير الأمد المعرّض للخطر لودفيغ و دوسات (Ludwick and Doucette, 2009)، والآثار السلبية في العلاقات مريض – طبيب (Shachak and Reis, 2009). وبينمـا تـزوّد كـلّ مـن TAM و UTAUT بـبعض الشـرح لهـذه النتـائج، نعتقـد أنّ لـيس باستطاعة كلّ من TAM و UTAUT أن تشرحا كلياً التبنّي البطيء لـ EMR وأحياناً رفض استعماله من قبل الأطباء في الولايات المتحدة.

وهكذا، نـدعو إلـى اسـتعمال مجموعـة أوسـع مـن المقاربـات النظريـة لتحـري تبنّـي EMR. تحمـل الدراسـات الموجهـة بنظريـات ثقافيـة، أو سـلوك مؤسسـاتي، أو الممانعـة

الفردية، أو نظرية التغيير، أو دورة حياة المؤسسة، أو الخضوع (لنسمّ القليل)، مستعمَلة بصورة مستقلة أو مع TAM وUTAUT، إمكانية هائلة لإغناء الأدبيات وفهمنا أسباب ومنشأ تبني الأطباء لـ EMR أو رفضه.

وأخيراً، نعترف، بصفتها محدودية لعملنا، أنّ جميع الأطوار الثلاث في عملنا حتى الآن قد اعتمدت على إقامة وحيدة وعينة صغيرة من مقيمي الطب الأسري: يجب توخّي الحذر في تعميم نتائجنا على أطباء آخرين وسياقات أخرى. وبالتحديد من المهم الإشارة إلى أنّ واحداً من المتغيرات الموسطة لـ ATAUT ألا وهو الرغبة في الاستعمال، هو ليس متغيراً حقيقياً في عملنا، بمعنى أنه من غير المسموح له أن يتغير بين المشاركين أو بين مواقع بحثنا.

المراجع

Bagozzi, R. P. (2007). The legacy of the technology acceptance model and a proposal for a paradigmshift. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 244–254.

Bagozzi, R. P., Davis, F. D., and Warshaw, P. R. (1992). Development and test of a theory of technological learning and usage. *Human Relations*, 45(7), 660–686. doi:10.1177/001872679204500702

Benbaset, I., and Barki, H. (2007). Quo vadis,TAM? *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 211–218.

Breen, G.-M., Wan, T. T. H., and Ortiz, J. (2010). Information Technology adoption in rural health clinics: A theoretical analysis. *Journal of Information Technology Impact*, 10(1), 1–14.

Burke, D. E., and Menachemi, N. (2004). Opening the black box: Measuring hospital Information Technology. *Health Care Management Review*, 29(3), 207–217.

Burrell, G. (1999). Normal science, paradigms, metaphors, discourses and genealogies of analysis. In Clegg, S. R., Hardy, C., and Nord, W. R. (Eds.), *Handbook of organization studies* (pp. 642–658). Thousand Oaks, CA: Sage.

Chengular-Smith, I., and Huang, K.-Y. (2010). Cultural dimensions as moderators of the UTAUT model: A research proposal in a healthcare context. *Proceedings of the Americas Conference on Information Systems*, Lima, Peru, August 12-15, 2010.

Daar, A., Harrison, M. I., Shakked, L., and Shalom, N. (2003). Physicians' and nurses' reactions to electronic medical records: Managerial and occupational implications. *Journal of Healthcare Organisations*, 17(5), 349–359. doi:10.1108/14777260310505129

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of Information Technology. *Management Information Systems Quarterly*, 13(3), 319–340. doi:10.2307/249008

Davis, F. D., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R.(1989). User acceptance of computer technology:A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982–1003. doi:10.1287/mnsc.35.8.982

Davis, R. (2008, June 30). High costs keep doctors from switching to electronic records. *USA TODAY*. Retrieved on June 30, 2008, from http://www.usatoday.com/news/health/2008-06-18

Department of Health and Human Services (HHS). (2004, July). *The decade of Information Technology: Delivering consumer-centric and information rich healthcare*. Washington DC: HHS.

Dünnebeil, S., Sunyaev, A., Blohm, I., Leimeister, J. M., and Kermar, H. (2010). *Do German physicians want electronic health services? A characterization of potential adopters and rejecters in Germanambulatory care*. Third International Conference on Health Informatics (HealthInf 2010), January 20-23, Valencia, Spain.

Fitterer, R., Rohner, P., Mettler, T., and Winter, R. (2010). *A taxonomy for multi-perspective ex-anteevaluation of the value of complimentary health*

Information Systems – Applying the unified theory of acceptance and use of technology. Hawaiian International Conference on System Sciences, January 5-8, 2010. Koloa, Hawaii.

Flegel, K. (2008). Getting to the electronic medical record. *Canadian Medical Association Journal*, 178(5). doi:10.1503/cmaj.080139

Flower, J. (2006). Imagining the future of healthcare. *Physician Executive*, 32(1), 64–66.

Government Accountability Office (GAO). (2003, October). *Information Technology: Benefits realized for selective health care functions* (Tech. Rep. No. GAO-04-224). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

Government Accountability Office (GAO). (2005, February). *21st century challenges: Reexamining the base of the federal government*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

Government Accountability Office (GAO). (2005, May). *Health Information Technology: HHS is taking steps to develop a national strategy*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

Higgins, J. M., and McAllaster, C. (2003). If you want strategic change, don't forget to change your cultural artifacts. *Journal of Change Management*, 4(1), 63–73. doi:10.1080/1469701032000154926

Hofstede, G. (1980). *Culture's consequences: International differences in work-related values. Cross Cultural Research and Methodological Series*. Beverly Hills, CA: Sage.

Holden, R. J. (2010). Physicians' beliefs about using EMR and CPOE: In pursuit of a contextualized understanding of Health IT use behavior. *International Journal of Medical Informatics*, 79, 71–80. doi:10.1016/j.ijmedinf.2009.12.003

Hu, P. J., Chau, P. Y. K., and Sheng, O. R. L. (2002). Adoption of telemedicine technology by healthcare organizations: An exploratory study. *Journal of*

Organizational Computing and Electronic Commerce, 12(3), 197–221. doi:10.1207/S15327744JOCE1203_01

Illie, V., Courtney, J. F., and Van Slyke, C. (2007). Paper versus electronic: Challenges associated with physicians' usage of electronic medical records. In *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1-10). Big Island, HI.

Kaushal, R., Bates, D., Jenter, C., Mills, S., Volk, B. E., Tripathi, M., and Simon, S. (2009). Imminent adopters of electronic health records in ambulatorycare. *Informatics in Primary Care*, 17, 7–15.

Kerr, E. A., McGlynn, E., Adams, J., Keesey, J., and Asch, S. M. (2004). Profiling the quality of care in communities: Results from the community quality index study. *Health Affairs*, 23(3), 247–256. doi:10.1377/hlthaff.23.3.247

Klein, H. K., and Myers, M. D. (1999). A set of principles for conducting and evaluating interpretive field studies in Information Systems. *Management Information Systems Quarterly*, 23(1), 67–93. doi:10.2307/249410

Kohli, R., and Kettinger, W. J. (2004). Informating the clan: Controlling physicians' costs and outcomes. *Management Information Systems Quarterly*, 28(3), 363–394.

Lapointe, L., and Rivard, S. (2005). A multilevel model of resistance to Information Technology implementation. *Management Information Systems Quarterly*, 29(3), 461–491.

Lucas, H. Jr, Swanson, E., and Zmud, R. (2007). Implementation, innovation and related themesover the years in Information Systems research. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 206–210.

Ludwick, D., and Doucette, J. (2009). Primary care physicians' experience with electronic medical records: Barriers to implementation in a feefor-service environment. *International Journal of Telemedicine and Applications*, 2009, 1–9. doi:10.1155/2009/853524

McConnell, C. R. (2006). *Umiker's management skills for the new healthcare supervisor* (4th ed.). Boston, MA: Jones and Bartlett.

McGlynn, E., Asch, S. M., Adams, J., Keesey, J., Hicks, J., and DeCristofaro, A. (2003). The quality of healthcare delivered to adults at the United States. *The New England Journal of Medicine*, 348(26), 2635–2645. doi:10.1056/NEJMsa022615

Menachemi, N., Saunders, C., Chukmaitov, A., Matthews, M., and Brooks, R. (2007). Hospital adoption of Information Technologies and improved patient safety: A study of 98 hospitals in Florida. *Journal of Healthcare Management*, 52(6), 398–410.

Miles, M. B., and Huberman, A. A. (1994). *An expanded sourcebook: Qualitative data analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Moran, M., Heidelberger, C., Sarnikar, S., and Bennett, D. (2010). Electronic health records: Rural survey results. *Proceedings of the Midwest Association for Information Systems*, Moorhead, Minnesota, May 21-22, 2010.

Pierce, M. E. (2005). Convergence of the health industry. *Leadership in Health Services*, 18(1), 22–31. doi:10.1108/13660750510578402

Possner, B. Z., Kouzes, J. M., and Schmidt, W. H. (1985). Shared values make a difference: An empirical test of corporate culture. *Human Resource Management*, 24(3), 293–309. doi:10.1002/hrm.3930240305

Randeree, E. (2007). Exploring physician adoption of EMRs: A multi-case analysis. *Journal of Medical Systems*, 31, 489–496. doi:10.1007/s10916-007-9089-5

Shachak, A., and Reis, S. (2009). The impact of electronic medical records on patient-doctor communication during consultation: A narrative literature review. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 15, 641–649. doi:10.1111/j.1365-2753.2008.01065.x

Snyder, K. D., Paulson, P., and McGrath, P. (2005). Improving processes in a small healthcare network: A value mapping case study. *Business Process Management Journal*, 11(1), 87–99. doi:10.1108/14637150510578755

Stake, R. E. (1994). Case studies. In Denzin, N. K., and Lincoln, Y. S. (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 236–247). Thousand Oaks, CA: Sage.

Straub, D. W. Jr, and Burton-Jones, A. (2007). Veni, vidi, vici: Breaking the TAM logjam. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 223–229.

Swayne, L. E., Duncan, W. J., and Ginter, P. M. (2008). *Strategic management of healthcare organizations* (6th ed.). Malden, MA: Blackwell.

Thielst, C. B. (2007). The future of healthcare technology. *Journal of Healthcare Management*, 52(1), 7–9.

Thielst, C. B. (2007). The new frontier of electronic, personal and virtual health records. *Journal of Healthcare Management*, 52(2), 75–78.

Thielst, C. B., and Gardner, J. H. (2008). Clinical documentation systems: Another link between technology and quality. *Journal of Healthcare Management*, 53(1), 5–7.

Thomas, T. (2008). A computer security expert's perspective on electronic medical records. *Journal of Controversial Medical Claims*, 152, 19–20.

Treister, N. W. (1998). Physician acceptance of new medical Information Systems: The field of dreams. *Physician Executive*, 24(3), 20–25.

Tsoukas, H. (1989). The validity of ideographic research explanations. *Academy of Management Review*, 14(4), 551–561.

Venkatesh, V., Davis, F. D., and Morris, M. G. (2007). Dead or alive? The development, trajectory, and future of technology adaptation research. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 267–286.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D. (2003). User acceptance of Information Technology: Toward a unified view. *Management Information Systems Quarterly*, 27(3), 425–478.

Wenzel, F. J. (2005). Governance organizational models and issues. In Wenzel, F. J., and Wenzel, J. M. (Eds.), *Fundamentals of physician practice management* (pp. 43–58). Chicago, IL: Health Administration Press.

Wiggins, C., Hatzenbuehler, L. C., and Peterson, T. (2008). Hospital missions and the education of our future health care workforce. *Journal of Allied Health*, 37(3), 132–136.

Yin, R. K. (1994). *Case study research: Design and methods* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

الفصل السادس عشر

رؤية في تقانة معلومات الرعاية الصحية
التبني والتقييم

مقاربة ممتدة زمنياً

كارلا ويغنز

جامعة ويسكونسن– ميلوكي، الولايات المتحدة الأميركية

كن تريمر

جامعة ولاية أيداهو، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

يمثل هذا الفصل استعراضاً ممتداً زمنياً لأبحاث تقانة معلومات الرعاية الصحية (HIT). لا يزال تبني HIT وتطبيقه واستعماله يطرح تحديات للمؤسسات، والباحثين، وللمجتمع بوجه عام. المكان الأوّل الذي تنتشر فيه أمواج الأفكار الجديدة هو في المؤتمرات. يستكشف هذا الفصل التطوّر الحاصل في هذا المجال من طريق النظر خلفاً على مر السنين إلى الأعمال التي قُدّمت في مسار كان الأكثر ديمومة في مؤتمر عالمي ركّز على تبني تقانة معلومات الرعاية الصحية وتطبيقها ونشرها وتقييمها.

مقدمة

لقد جرى التنبؤ بأنّ تقانة معلومات الرعاية الصحية (HIT) ستمكّن من إحداث تغيير في مؤسسات الرعاية الصحية على النطاق العالمي : ولكن، يبقى التبني والتطبيق واتخاذ القرار بشأن الاستعمال معقداً بسبب تعدد التقانات، وأصحاب المصالح، ومستويات التحليل الكامنة. ينقل البحث المقدّم في هذه الورقة تعقيد واتساع القضايا المستكشفة من قبل الباحثين في أنظمة المعلومات، عند التصدي لمسائل التبني والتطبيق والانتشار والتقييم من طريق استعراض متعدد الأبعاد لأوراق البحث المقبولة في السنوات الثماني الماضية في المسار، الأكثر جدارة بالملاحظة في المؤتمرات، الذي يُركّز على تبني تقانات المعلومات وتطبيقها ونشرها وتقييمها في أنظمة معلومات الرعاية الصحية.

تعود المقاطع التالية بالزمن إلى الوراء بهدف فهم تطور تبني HIT وتطبيقه وتقييمه. نبدأ بعرض الخلفية والطرائق المستعملة لإجراء هذا الاستعراض للأدبيات. ثُم نقدّم تحليلاً للميول، والتبصرات من هذا الكمّ من العمل السابق من طريق استكشاف التطوّر في النظريات والطرائق والممارسات. ونختم بالحديث عن مستقبل أبحاث HIT.

طريقة استعراض الخلفية والأدبيات

عند مدخل "مؤتمر أكاديمي" في ملاحظات ويكيبيديا (Wikipedia©notes) نجد "بالإضافة إلى المجلات الأكاديمية أو العلمية أنّ المؤتمرات توفر قناة مهمة لتبادل المعلومات بين الباحثين". ومن المهم لأغراض مراجعة التطورات في حقل جديد بازغ موضع الاهتمام، مثل HIT، أن نتأمّل أوراق المؤتمرات والمحاضرات أو العروض المقترنة بها. ومع أننا نعترف بقيمة وضرورة استعراض الأعمال المنشورة في مجلات مُحكّمة لفهم المدرسة الفكرية في مجال أو اختصاص جزئي، لكننا نركّز في هذا العمل على أوراق المؤتمرات للتشديد على ثلاث قضايا : **أولاً**، غالباً ما تفيد المؤتمرات بصفتها أوّل عرض على الملأ لدراسات وسياقات تحرٍّ تأخذ طريقها لاحقاً إلى بعض المجلات العلمية. وإذا

أخذنا في الاعتبار الأزمنة الطويلة التي تفصل بين تسليم البحث ونشره في بعض المجلات، قد لا تجد الاتجاهات الجديدة في البحث طريقها إلى الطباعة والنشر قبل مرور سنوات على تقديمها في مؤتمر. وعليه، في عمل، مثل هذه الدراسة، يسعى إلى النظر في تطوّر الأفكار والطرائق والممارسات، يُعد اقتفاء أثر التمثيل في منشورات المؤتمرات أقرب لمتابعة الخط الزمني للدراسات المكتملة ويعطي صورة أكثر دقة زمنياً. **ثانياً**، في حقل متعدد الاختصاصات مثل أنظمة المعلومات الصحية، يمكن أن يتبعثر العمل المعروض في مؤتمر ويتجزّأ لينتهي في مجلات علمية متنوعة الاختصاصات، وهذا ما يجعل من الصعب إعادة ربط الأفكار، والطرائق والممارسات في العمل الجاري في هذا المجال. وعليه، نأمل أن نشجع الباحثين الذين يعملون في هذا المجال على اتباع نهجنا والاطلاع على أعمال من مؤتمرات موجّهة ضمن أدبياتهم، على الأقل لاقتفاء أثر مقالات المجلات العلمية اللاحقة، الذي يمكن بغير ذلك أن يفقدوا أثره في حقل متعدد الاختصاصات. **ثالثاً**، تميل المؤتمرات الموجّهة بحسب موضوعها، والمسارات/ والمسارات الصُّغرية في المؤتمرات العامّة إلى جذب أصحاب الاهتمامات المتشابهة، وتعزّز من ثم الحوار المتعدد الاتجاهات حول البحث المُقدّم. ويمكن لهذا الحوار بدوره أن يؤثر في توجّه الزملاء العاملين في المجال موضوع الاهتمام.

نُركّز دراستنا على مؤتمر هاواي العالمي حول علوم النظم (HICSS)، وتحديداً على المسار الصغري الذي يحمل عنوان تبني تقانة المعلومات وتطبيقها واستعمالها وتقييمها في الرعاية الصحية ضمن مسار تقانة المعلومات في الرعاية الصحية (ITHC). إنّ HICSS هو أقدم مؤتمر عالمي في علوم النظم، ومسار الرعاية الصحية هو أقدم مسارات الرعاية الصحية في مؤتمر أنظمة المعلومات. ويبقى المسار الصغري حول تبني تقانة المعلومات وتطبيقها واستعمالها وتقييمها في الرعاية الصحية واحداً من المسارات الصغرية المركزية ضمن ITHC. ومن خلال البحث على الويب واستعراض برامج المؤتمرات العامة في تقانة المعلومات منذ عام 2000، يبدو مسار تبني تقانة المعلومات وتطبيقها واستعمالها وتقييمها[1] في الرعاية الصحية المسار المتسق الأطول زمناً المكرّس

لموضوع مركّز في مجال أنظمة المعلومات. بدأ هذا المسار الصغري عام 2002 وبقي مستمراً حتى تاريخه. وسطي معدلات قبول الأوراق في هذا المسار 50%، ولقد شارك واحد أو أكثر من كاتبَي هذه الورقة في المحاضرات والمناقشات التي لحقت جميع الأوراق التي جرى استعراضها في هذه الدراسة. وعليه، لم يشارك كاتبا هذه الورقة معاً أو منفردين في قراءة كل ورقة فحسب بل لقد تناقشا مع كتّاب هذه الأوراق وشاهدا ردود الأفعال والأفكار التلقائية التي ولّدتها هذه الأعمال. لذلك، يمثل هذا الاستعراض تفكيراً واستيفاءً ليس فقط لِما كُتب بل أيضاً لِما قيل ونوقش بين المُشاركين. نعترف بيسرٍ بنقاط القصور في المُقاربة المُختارة في هذه الدراسة. ولكن، يمكن لهذه المقاربة المعتمدة على النظر من بُعد إلى أوراق بحث كاملة مكرّسة لهذا الموضوع المستهدف عُرضت في هذا اللقاء المستمر ضمن مؤتمر جدير بالاحترام، أن تعطي رؤية عن التوجهات الأولية لا يمكن أن تعطيها طرائق أخرى. تحديداً، نأمل أن نُجمّع الرؤى مستفيدين من الاستمرار الزمني، والقدرة على التفكير في الأوراق إلى جانب المحاضرات والنقاشات المرافقة.

وللبحث ضمن مجموعة الأوراق البحثية، نبدأ بمناقشة تطوّرها والرؤى في الأفكار والمادة النظرية. ونتبع ذلك بمناقشة التطور والرؤى في الطرائق ثُمّ ننتقل إلى التطور والرؤى في الممارسة كما تدل على ذلك الأبحاث. نأمل أن تساعد هذه الدراسة الباحثين المهتمين في هذا المجال، وتستفيد من الجهود السابقة لتطوير النظرية، وتصميم طرائق الدراسة، وتوفير صلة مهمة مع ممارسة الرعاية الصحية.

تطوّر ورؤى في الأفكار والنظرية في أبحاث تقانة المعلومات الصحية

في هذا المقطع، نحلل مجموعة الدراسات من منظور مستويات الاهتمام: المزوّدون والمستهلكون الأفراد، المؤسسة والمشروع، والسياسة/ الحكومة.

تبني تقانة المعلومات الصحية: المستوى الفردي

لقد ألهمتنا أعمال لابوانت، لاموت، فورتن، هو، ليوشنغ وتام (Hu,Liu Sheng and Tam, 1999 و(Lapointe, Lamothe and Fortin, 2002) بنموذجهم المسمى نموذج تقبّل التقانة (TAM) (Technology Acceptance Model) حول العناية من بُعد ومستوى التحليل في العناية السريرية، لإنشاء هذا المسار البحثي. لقد كان لفريقَي البحث مقاربتان بحثيّتان مختلفتان ولكنهما توصلا إلى الاستنتاجات نفسها وهي أنّ الفوائد التي تُجنى هي المحركات الأساسية لنجاح تقانة المعلومات الصحية. ويمكن تعليل الفائدة من خلال الصلة بالموضوع المدروس (Schuring and Spil, 2002). ولقد جذب ديلون، فورديوسي (Dhillon and Forducey, 2006) انتباهنا إلى موضوع أهمية التبني في دراسة الحالة التي عرضوها عن الطب من بُعد. يشير الباحثان أنّه من طريق إشراك جميع أصحاب المصلحة في المشروع في مراحله المختلفة، ومن دون أن يُخلّ ذلك بخدمات إعادة التأهيل الأساسية، استطاع المزوّدون أن يزيدوا عائداتهم ومكاسبهم؛ وحقق المرضى وفراً من طريق تجنّب السفر إلى مرافق الرعاية الصحية، وكسبوا وقتاً ثميناً، وفي كثير من الحالات، تفادوا تعقيدات طبية جدية ناتجة عن التأخير في خدمات التسليم.

يشرح توباكان، بازوغلو ودايم (Topacan, Basoglu and Daim, 2009) لماذا يجري تبني تطبيقات الرعاية من بُعد من قبل محترفي الرعاية الصحية. ويعترف بادمانابان، بورشتاين، شوريلوف وفاسيرتيل، هورنبلوير وباركر (Padmanabhan, Burstein, Churilov و (Wassertheil, Hornblower and Parker, 2006) أيضاً بالمستوى الفردي، ويشيرون إلى الحاجة إلى إجراءات موضوعية وذاتية في تقييم دعم نموذج تصنيف محمول يسمى iTriage، متحدّثين عن تأثيره في جودة إجرائية اتخاذ قرار التصنيف.

ولقد أشير إلى النظرية الموحدة في تقبّل واستعمال التقانة (UTAUT) من (Venkatesh, Morris, Davis and Davis,2003) في العديد من الأوراق بما فيها عمل (Trimmer, Wiggins, Beachboard and Woodhouse, 2008). في هذه الدراسة التي

تفحصت نوايا الأطباء المقيمين في استعمال السجلات الطبية الإلكترونية، قدّم الأطباء أصحاب الخبرة مع نظام EMR، وجهات نظرهم حول الاستعمال المستقبلي لأنظمة EMR وتبنيها. ولقد طُبقت UTAUT أيضاً في تقانة المعلومات الصحية من قبل (Goh and Agarwal, 2008) في مقالتهما حول الانتساب إلى برامج التدخّل الصحي على الخط والمشاركة المستمرة فيها. في هذه الدراسة، يحلل الباحثان الإجابات الواردة إلى بوابة صحية على الويب لتقييم التبني والتبني اللاحق لبرنامج على الخط. يوفّر تحليلهما مناقشة للآثار المباشرة والتفاعلية لنموذج نظري. ويعرض لنا شابير وبرفان (Schaper and Pervan, 2007) دراسة كمية كبيرة عن UTAUT في أستراليا تناولت أكثر من 2000 استجابة، وقد وجدت أنّ للموقف الإيجابي تأثير ملموس TD سلوك الاستعمال.

يعود كتّاب آخرون إلى أحد مصادر نموذج UTAUT ويستعملون النماذج النفسية لـ (Ajzen and Madden ,1986) لوصف الأثر على المستوى الفردي. ويستعمل الباحثون (Ilie,Courtney and Van Slyk, 2007) نظرية السلوك المُخطَّط (Theory of Planned Behavior) بأسلوب نوعي. وينتهون بالقول إنّه في الوقت الذي كان فيه استعمال السجلات الطبية الإلكترونية من الأطباء والمقيمين إلزامياً في دراستهم، كان أغلب الأطباء يفضلون استعمال الأوراق لو كان لهم الخيار. ولقد نوقش بُعد جديد لتبني التقانة على أساس السمات الشخصية وطريقة تأثيرها على القلق من الحاسوب في دراسة أجراها كل من (Brown, Deng, Poole and Forducey 2005). لقد كان في هذه الحالة القلق من الحاسوب عاملاً مثبّطاً في تبني تطبيقات الطب من بُعد. وكذلك يُرجع (Horan,Tulu,Hilton and Burton, 2004) جذور عملهم إلى مصادر UTAUT لتطوير نموذج مفاهيمي لتقبّل الأطباء، ويختبرون بنية هذا العمل الاجتماعي بواسطة استبيان. هذا النموذج هو مُقاربةٌ مكروية لأنه يُركّز على اعتبارات ممارسة العمل لدى الأطباء، والعوامل المؤثرة في تقبّل الأطباء واستعمال نظام دعم القرار في الإطار السريري، والتلاؤم بين المهمة والتقانة.

يمكن دراسة الصلة والفائدة المُستَشْعَرة من وُجهة نظر نفسية أو من وُجهة نظرة فردية للكلفة مُقابل الفائدة. يقترح لوروج و هيفنر (LeRouge and Hevner, 2005) مفهوم جودة الاستعمال (Use Quality) بصفتها بنية مُطوّرة على نموذج ديلون و ماكلين (Delone and McLean, 2002) في رد على فرضية البحث في تقانة المعلومات التي تنص على أنه توجد، كما يبدو، طريقة وتدفق مناسبَيْن لاستعمال النظام. فهم يُعرّفون، ضمن سياق الطب من بُعد، جودة الاستعمال بصفتها تطبيق السيرورات والبروتوكولات في استعمال لقاءات الطب من بُعد الفائقة الجودة لتحقيق الغرض المرغوب المتمثل بالعناية بالمريض.

يعطي باتاشرجي وهيكمت (Bhattacherjee and Hikmet, 2007) نموذج عامل مزدوج (الفائدة المستشعرة والتحديد المستشعر) لتقييم آثار تهديدات تقانة المعلومات على استعمال الفرد لهذه التقانة. تدعم هذه الدراسة التجريبية فرضيتهما حول تاشير هذه التهديدات سلباً على استعمال IT. يركّز شو، ماتياسن و غاليفان (Cho, Mathiassen and Gallivan, 2008) على ابتكار في الصحة من بُعد يُمكّن الأطباء في مشفى تعليمي من الوصول وتشخيص حالات الأزمات القلبية في بيئة ريفية. يعرض هذا البحث الطولي زمنياً (Longitudinal research) وجهات نظر مختلف أصحاب المصلحة في ما يتعلق بهذا الابتكار وتبنيه. ويقدم ريان، دوستر، ديلي وهسلين (Ryan, Doster, Daily and Heslin, 2008) دراسة طولية زمنياً أخرى، تدرس بعض القضايا في مشفى تعليمي. إنهم يناقشون التحسينات النهائية في السيرورات التي تتحقق بعد تطبيق نظام معلومات جديد لخدمات المشفى السابقة للعمليات الجراحية.

وأخيراً، تطبّق العديد من دراسات التبني الفردي نموذج تقبّل التقانة (TAM) من (Davis ,1989) بصيغته الأصلية. يشتق (Raitoharju, 2005) من دراسة عامّة أن الشدة الناجمة عن تقانة المعلومات (IT stress) هي مُثبّط أساسي للقبول في الرعاية الصحية. يمثل تطوّر نتائج IT التي تقيّم قدرات IT في الرعاية الصحية، خطوة إلى الأمام نحو معالجة أسئلة البحث المهمة المتعلقة بالعلاقة بين قدرات IT ومقاييس المخرجات. وتعرض

دراسة (Jaana, Pare and Sicotte, 2009) التطور الذي لحق بأداةٍ لوضع علامات تقييم لقدرات IT في المشافي الكندية. ويدرس سفندسن سوهولت مانش – إيلينغسن، غامون وشارمان (Svendsen Soholt, Munch - Ellingsen, Gammon and Schurmann, 2009) أثر نظامٍ تحفيزٍ على أساس الهاتف المحمول في تغيير السلوكيات الصحية، بالتركيز على اعتبار التدخلات الصحية "ممتعة".

لجميع الدراسات في هذا المقطع شيء مشترك مهم واحد : تعرض هذه الدراسات على المستوى الفردي طيفاً من الأمثلة التي تتطرّق إلى طبيعة قيمة تقانة المعلومات الصحية بالنسبة إلى الأفراد في بيئة الرعاية الصحية، وتجد أن مقولة القيمة هذه هي ربما البُعد الأكثر أهمية لنجاح تبني HIT. تتخفّى مقولة القيمة هذه بصيغ متعددة، يسمّيها روجرز (Rogers, 1995) الفائدة النسبية، ويسميها دايفس (Davis, 1989) الفائدة المُستشعَرة، ويسميها (Delone and McLean, 2002) الفائدة الخالصة.

تبني تقانة المعلومات الصحية: مستوى المؤسسة والمشروع

على مستوى المؤسسة، يمكن أن تؤدي الخيارات الاستراتيجية السابقة، والأولويات الاستراتيجية، وحجم المؤسسة وموقعها، والثقة بالمعلومات والعديد من العوامل الأخرى دوراً. يُسلط ماس وإريكسون (Mass and Eriksson, 2006) الضوء على التحديات الإدارية التي تُواجَه أثناء تبني نظام أرشفة واتصال للصور (Picture Archiving and Communication System (PACS)) في المشفى المركزي لجامعة (Turku). تستند النتائج إلى مسح دام خمس سنوات يتضمن معطيات إحصائية، وتحليلاً للتكاليف، ونمذجة، وتساؤلات حول رضا الزبائن، ودراسات زمنية حركية، ومراقبة ولقاءات مع العاملين.

على مستوى المشروع، تؤدي الموارد وإدارة المشروع دوراً. يركز كيورا (Kiura, 2006) على الحاجة لاستكشاف مستوى المشروع من طريق كتابة تقرير حول القيام

بتأسيس مشروع كما هو مقترح في منهجية التصميم STEPS[1]. تهدف مرحلة تأسيس مشروع لدى STEPS إلى الحصول على فهم عميق لبيئة المشروع. تُركز هذه الورقة على "ثقافة التشارك" للمساعدة في تحقيق فهم أفضل لبيئة المشروع.

تحلّل مساهمة غانيون، لاموت، فورتن، كلوتيه، غودن، غانيه و رينهارتز (Gagnon, Lamothe, Fortin, Cloutier, Godin, Gagné and Reinharz, 2004)، التبني على المستوى المؤسساتي. وهي مبنية حول فرضيات تستند إلى أبحاث سابقة وجرى اختبارها على أساس أبحاث جرت في 32 مركز رعاية صحية منخرطة في خدمات صحية من بُعد. أما مساهمة (Maas and Suomi, 2004) فتُركِّز على تبني نظام صور رقمية PACS. فهي تتأمل بوجه خاص الجوانب المالية لهذا التطبيق.

يناقش ريردون ودايفدسون (Reardon and Davidson, 2007) أنّه لا يوجد ما يكفي من الرؤية المؤسساتيّة للتغلب على تردد الأطباء أمام تبني أنظمة السجلات الطبية الإلكترونية (EMR). وتبقى الأسئلة حول قابلية تفسير هذه الابتكارات، ومعقوليتها وانقطاعها والرؤية المؤسساتية.

ونجد لاحقاً في هذا العمل المزيد من الأدلة حول مشاكل التطبيق المتعثر على المستوى المؤسساتيّ والمجموعاتيّ. وكما هو مُقترح في المقطع السابق، مع أن أهمية HIT واضحة، ولكن يمكن للبنى المعقدة وثقافة مؤسسات الرعاية الصحية أن تعرقل نجاح إدخال أنظمة تقانة المعلومات.

تبني تقانة المعلومات الصحية: المستوى الوطني

على المستوى الوطني، قد تؤدي بنى التعويضات، والقضايا بين المؤسسات، ووجود معايير دوراً في تعليل التبني والتقبّل البطيئين لتقانة المعلومات الصحية. وكمثال على

[1] (Software Technology for Evolutionary Participatory System Design)**:** تقانة البرمجيات لتصميم نظام تطوّري تشاركي (المترجم).

ورقة ذات بُعد وطني نجد (Kife, Mbarika, Tsuma, Wilkerson and Tan, 2008) حول نموذج لنقل الطب من بُعد في بلدان جنوب الصحراء الأفريقية. وهي تُركّز على تقانة المعلومات والاتصالات (ICT) والبنى التحتية، يكتب المؤلفون تقريراً حول تحليل معطيات استبيان قدمها أطباء يعملون في 21 بلد أفريقي. تزوّد نتائج بحثهم صانعي القرار في دول جنوب الصحراء الأفريقية بنظرة مستقبلية حول مشروعات ICT. وإضافة إلى ذلك يوفر بحث لـ (Sood, Nwabueze, Mbarika, Prakash, Chatterjee, Ray, and Mishra, 2008)، رؤية مستقبلية حول العوائق أمام التبني والتطبيق في البلدان المختلفة. وترفع دراسة (Meso,Mbarika, Kifle, (Okoli and Nwabueze, 2009 النقاب عن أن بنى ICT والخدمات الصحية على المستوى الوطني تُحسّن قدرات الطب من بُعد. ولكن، في البلدان المُخدّمة تخديماً ضعيفاً بتقانة المعلومات والاتصالات وبالسياسات الصحية الوطنية، يبقى الطب من بُعد نادراً، على الرغم من أنّه مُقدّرٌ تقديراً عالياً.

يعرض بورلي، شيبرز وأوين (Burley, Scheepers and Owen, 2008) دراسة حالة تُركّز على أصحاب المصلحة، والفاعلية، وقضايا الكفاية المتعلقة بالأنظمة المحمولة في أستراليا، وهم يعرضون المزايا، والتوازن بين المتطلبات الداخلية للنظام والأنظمة الخارجية.

ومع أن الدراسات على المستوى العالمي أو الوطني ليست كثيرة بالقدر الكافي لاستخلاص استنتاجات صحيحة، ولكن يبدو أنّ الرعاية من بُعد مُحتَضَنةٌ من البلدان النامية بصفتها تمثل إجابة عن العديد من مشاكلها المتعلقة بإدارة المعرفة والمعلومات. وكما يوضح المقطع اللاحق، لحل هذه المشاكل، ستوفر النظرية والمنهجية الجيدة أساساً صلباً لسيرورة التعلّم.

التطور المنـهجي والرؤى

نتطرق في ما يلي إلى اعتبارات منهجية متعددة لتسليط الضوء على الاعتبارات المنهجية التي يمكن أن تثير اهتمام قراء هذه المقالة أو تلهمهم، بشأن ما جرى تطبيقه أو حول ما هو مفقود.

وجهات النظر المعرفيّة

تشتمل مجموعة المقالات على دراسات تأويلية ويقينية وتدخلية تُثبت أنّ تقانة المعلومات الصحية يمكن أن تُدرس من وجهات نظر معرفية متعددة. في دراستهم حول نوايا الأطباء المقيمين حول استعمال EMR، يوضح تريمر (Trimmer et al., 2008) أنّه يمكن إجراء أبحاث IT في الرعاية الصحية باستعمال مقولات تأويلية. وبالمقابل، في العام نفسه، أثبت ريان (Ryan et al., 2008)، في إطار التحري عن تأثير الابتكار ضمن بيئة المشفى، أنه يمكن لطريقة يقينية في حالة بحثية أن تُستعمل من قبل أفراد متكاملين مُقودين من قبل معلومات متكاملة.

تبع فرولينغ، تيزر وفريدي (Fruhling, Tyser and Vreede, 2005) وجهة النظر التدخلية باتباع نموذج بحث تصرّفي أو سلوكي لتقييم استعمال البرمجة الحديّة لأجل تطوير وتنجيز تطبيق رعاية صحية في الأمان الحيوي. "للبحث السلوكي هدف مزدوج تحسين الممارسة المساهمة في النظرية والمعرفة".(Fruhling et al., 2005, p.5) . تستحق هذه المقاربة الجدارة في دراسات الرعاية الصحية حيث يكون سؤال البحث غالباً موجهاً نحو الكيفيّة.

يستعمل كيورا (Kiura, 2006) أيضاً البحث السلوكي للحصول على فهم داخلي لبيئة المشروع في المراحل المبكرة من مشروع تطوير نظام لمشفى في بلد نامٍ. لقد كان تدخّل Kiura يهدف إلى إدخال مفاهيم تصميم تشاركية عبر تصميم تطبيق مشترك

(Wood and Silver, 2005) ومنهجية تقانة البرمجيات لتصميم نظام تطوّري تشاركي STEPS.

نوع الطريقة

تشمل طرائق أبحاث HIT علوم تصاميم كيفية وكمية ودراسات مفاهيمية، كما هو مبين في توزيع الطرائق التي سنناقشها في ما يلي.

طرائق كمية

لقد كانت الأبحاث الاستطلاعيّة، إلى حد بعيد، الطريقة الأكثر انتشاراً، المستعملة في جمع المعطيات في دراسات HIT المقدّمة في هذا المسار الصغري في مؤتمر HICSS، وقد تفحصّت العديد من الدراسات بعمق تقبّل التقانة واستعملت بنوداً موثّقة سابقاً من UTAUT (Venkatesh et al., 2003) والنماذج السابقة المرتبطة لتصوغ بعض أسئلة الاستبيانات أو جميعها.

في معظم الدراسات جرى توزيع أدوات الاستبيان على المشاركين في الاستطلاع بصيغة واحدة فقط. يذكّرنا كيفل (Kifle et al, 2008) بأهمية تفحص الطريقة بحثاً عن الانحياز في دراساتهم التي استعملت في آن معاً نسخة ورقية وأخرى على الويب من الاستبيان. يمكن لهذا أن يكون مصدر قلق بوجه خاص في بيئة الرعاية الصحية حيث يكون المستعملون أقل استعمالاً للحواسيب، ويفضلون الطرائق المعتمدة على الورق في الإجابة.

أكثر طرائق التحليل الإحصائي استعمالاً هي الانحدار، والمربعات الصغرى الجزئية، والإحصاءات الأساسية، والنمذجة البنيوية للمعادلات. ولقد استُعمِل في إحدى الدراسات كل من تحليل العوامل، واختبارات كاي – تربيع، وتحليل التباين، وتحليل المركّبة الأساسيّة. ولقد جرى استعمال شكل فريد من التحليل من قبل (Brown et al., 2005). فقد استعملوا طريقة الاستبيان لجمع المعطيات حول سمات متنوعة مُقترحة

بصفتها مُحدّدات خارجية المنشأ للقلق من الحاسوب في حالة المُعالجين الفيزيائيين الذين يستعملون الأنظمة الطبية من بُعد. جرى قياس السمات باستعمال قوائم تفقد بين الأشخاص (Interpersonal CheckList) (ICL) (LaForge, 1977)، وجرى قياس القلق من الحاسوب باستعمال سُلّم أوحى به تاتشر وبيريوي (Thatcher and Perrewe, 2002). يتميز هذا البحث عن الأبحاث الأخرى التي في جعبتنا بطريقة تحليله. قاس الباحثون سمات مواقف المستجيبين عبر الربعيات في نموذج دائرة العلاقات ما بين الأشخاص (Interpersonal Circumplex Model) (ICM) واستعملوا اختبارات تباين لاختبار الفرضيات المقترحة.

تصاميم كيفية ومختلطة

العديد من الأوراق البحثية التي استعملتْ طرائق كيفية تشير إلى أن خيارها كان بسبب الحاجة لكسب فهم غني لسياق تقانة معلومات الرعاية الصحية ولأصحاب المصلحة بهدف معالجة السؤال البحثي. يمكن إجراء الدراسات بعدة طرائق تشمل دراسة حالات، ومُقابلات وملاحظات مُباشرة ومجموعات تركيز. تبيّن مجموعة المقالات التي في جعبتنا بوضوح أنّه يمكن إجراء أبحاث في تقانة المعلومات الصحية باستعمال العديد من الطرائق الكيفية.

لقد كان إجراء المُقابلات، بصفته طريقة قائمة بذاتها أو بصفته جزءاً من دراسة حالة، الطريقة الأكثر استعمالاً في جمع المعطيات. وغالباً ما يجري تحليل المعطيات الكمية من المقابلات من طريق ترميز الكلمات والعبارات المفتاحية في موضوعات وفئات. ولكن استعمل ويغنز، بامفري، بيتشبورد وتريمر (Wiggins, Pumphrey, Beachboard and Trimmer, 2006) طريقة للتحليل الكيفي لمعطيات المقابلة مكونة أساساً من إنشاء مسارد للحالة لتطوير وصف غني ودقيق لظاهرة كما تراها عيون الأشخاص الذين تُجرى المُقابلة معهم.

استعملت أغلبية الدراسات الكيفية طريقة حالة وجمعت المعطيات من عدّة مصادر بهدف تسهيل الفهم وتوسيع الأفق، بالإضافة إلى التثليث. وتشمل الطرائق النوعية لجمع المعطيات، بالإضافة إلى المقابلات، نمذجة تدفق العمل، ومجموعات التركيز، واستعراض المعطيات المؤرشفة، والملاحظة المباشرة، واختبارات قابلية الاستعمال. ومع أنّ التوصيف العام للعديد من هذه الدراسات كيفي، فغالباً ما كان يشمل تجميع المعطيات عناصر كمية، مثل معطيات الاستبيان، والتحليل الكمي للمعطيات العملانية، والدراسات الزمنية الحركية. تفيد دراسة من شابير و برفان (Shaper and Pervan, 2007) بصفتها مثالاً مثيراً للاهتمام على عملية تثليث باستعمال طرائق كيفية وكمية. لقد اختبر هذان الباحثان نموذجهما المقترح كمياً في استطلاع على النطاق الوطني أُرسل إلى 6453 مُعالج لإصابات العمل من أستراليا لتوفير معطيات ممثّلة لجميع الآراء حول النوايا السلوكية وتقبّل ICT وغيرها من القضايا المحيطة باستعمال ICT. جرى استعمال المقابلات، والملاحظة المباشرة وغيرها من طرائق دراسة الحالة لتوفير دعم كيفيّ للنموذج المقترح، واستُعمل الاستطلاع الوطني أيضاً لتوفير دعم كيفي للنموذج المقترح. أما باري، ميرو وغيروارد (Paré, Mirou, and Girouard, 2008) فقد اختاروا استعمال صيغة أخرى لتصميم مختلط كيفيّ وكميّ، وتحديداً استطلاع (Delphi) من نوع الترتيب. في هذه الدراسة جرى استنباط أراء هيئة من الخبراء (أي مديري مشاريع في أنظمة المعلومات السريرية) بواسطة تغذية راجعة تكرارية مُتَحَكّم بها لبناء قائمة من عوامل الخطر في تطبيق أنظمة المعلومات السريرية، وفي تحديد الأهمية النسبية لعوامل الخطر هذه. جرى استعمال إجرائية ذات ثلاث مراحل: المرحلة **1:** عصف ذهني حول المخاطر؛ المرحلة **2:** جرى توزيع قائمة مجمّعة على جميع المُشاركين للتصحيح والإضافة وربما المُصادقة؛ المرحلة **3:** ترتيب عوامل الخطر بحسب أولويتها بالنسبة إلى المشروع.

هناك مجال يحدد المدّة التي يجب أن يقضيها أحدهم في المجال حتى يتمكن من إجراء دراسة حالة. بعض الدراسات تشير إلى إطار زمني قصير يُقدَّر بثلاثة أشهر. ودراسات أخرى، مثل دراسة (Maass and Eriksson, 2006)، تدافع عن إطار زمني أطول

بكثير لدراسة تطبيق، تمتدّ ربّما على عدة سنوات. حجّتهم هي أنّ البنى التحتية تنمو وتتطوّر على فترات زمنية طويلة في سياق الرعاية الصحية، وتُبنى البنى التحتية المعلوماتية من طريق توسيع وتحسين ما هو قائم – أكثر مما تبنى من الصفر. يجب أن يُعلّق ما يجري تنجيزيه على البنى التحتية القائمة، وهذا ما يدعم المُقاربة الممتدّة زمنياً، إذا كان الهدف تحقيق فهم حقيقي ليس لمرحلة التنجيز والتدريب في البداية فقط، ولكن أيضاً لما يحدث مع مكاملة المستعملين التدريجية للنظام الجديد في ممارسات عملهم، وتعلّمهم لإمكانات النظام ومحدودياته. يوضّح ماس وإريكسون (Maass and Eriksson, 2006) هذا الأمر في دراسة الحالة لديهم التي تُحلل المعطيات المكونة من معلومات إحصائية، وتحليل تكاليف، ونمذجة، وتحري رضا الزبائن، والدراسات الزمنية الحركية، ومراقبة ومقابلة العاملين.

يعطي (Schaper and Pervan, 2007) مثالاً آخر عن دراسة حالة ممتدة زمنياً تعطي مثالاً على استعمال فترة زمنية طويلة لمقارنة نقاط جمع المعطيات. لقد صُممت هذه الدراسة الحقلية المتعددة الطرائق الممتدة على سبعة أشهر لاختبار نموذج تقبل واستعمال ICT والآثار الفردية والمؤسساتية المتعلقة الناجمة عن الاستعمال، أو عدم الاستعمال، ضمن مؤسسة غير ربحية صغيرة للرعاية الصحية. جرى توزيع أسئلة الاستبيان في ثلاث نقاط زمنية: أسبوع بعد التدريب، ثلاثة أسابيع بعد تنجيز النظام، وسبعة أشهر بعد التنجيز.

أبحاث التصميم

قد يُفاجأ المرء برؤية فئة "بحث التصميم" في دراسة استعراضية حول أدبيات HIT. ولتبرير أولوية هذه الفئة، استعرضنا أجزاء بحث تصميمي مؤثّرة (وخصوصاً تلك التي تركّز على تعريف البحث التصميمي) مثل أعمال (March and Smith, 1995) و(Havner, March, Park and Ram, 2004). ولقد استشرنا أيضاً جمعية أنظمة المعلومات، التي توفر خلاصة وافية شاملة عن أبحاث التصميم التي استُعملتْ والمراجع

وتوفّر تلخيصاً مُناسباً لأغراض هذه المقالة (http://www.isworld.org/Researchdesign/drisISworld.htm) تشير هذه الخلاصة إلى ما يلي:

يتضمن بحث التصميم تحليل استعمال الأدوات المصمّمة وأدائها بهدف فهم وشرح، وغالباً تحسين، الجوانب السلوكية لأنظمة المعلومات. تشمل هذه الأدوات خوارزميات وواجهات تخاطب مع الحاسوب، ومنهجيات تصميم الأنظمة أو اللغات – من دون أن تقتصر بالتأكيد على هذا. (Association of Information Systems, 2008).

ليس الغرض من ضمّ هذه الفئة في هذه المقالة مناقشة دلالات بحث التصميم، ولكن إظهار وتحديد هوية فئة خاصة من المقالات ضمن مجموعتنا، ميَّزت نفسها عن التعاريف المنهجية التقليدية. الهدف الأوّل للمقالات ضمن فئة "علم التصميم" في مجموعتنا، هو تقديم أدوات للعمل المستقبلي للباحثين في مجال تقانة معلومات الرعاية الصحية. وعليه، فقد استعرضنا طرائق المقالات في هذه الدراسة التي ركّزت تركيزاً أساسياً على تحديد مسألة، أو تقديم اقتراح، أو تطوير أداة لمعالجة مسألة استعمالها من قبل المُمارسين والباحثين. يوسّع بعض الكتّاب هذا ليشمل تقييم استعمال هذه الأداة ونتائجه العملية، ومن ثَمّ التطرق إلى خطوات إضافية في سيرورة بحث التصميم.

ولتوضيح ذلك، تهدف الأداة في عمل (Fitch's, 2004)، طريقة تطبيق سمات الجودة التقييمية (Ilities Application Method)، إلى المساعدة في التواصل، وإغلاق فجوة المعرفة، وتحديد متطلبات النظام تحديداً صحيحاً، ووضع النظام في المكان المُلائم للغرض منه. يُشار إلى طريقة تطبيق سمات الجودة التقييمية ومثيلاتها بصفتها أدوات للممارسة والبحث. وفي دراسة أخرى عن علم التصميم يُصمّم مانتزانا وتيميستوكليوس (Mantzana and Themistocleous, 2006) ويقيمون (بواسطة دراسة حالة) أداة منهجية صُممت للمساعدة في **(أ)** مواجهة الريبة والشكوك المتعلقة بالفاعلين في إطار الرعاية الصحية أثناء مرحلة التبني، **(ب)** تحسين نماذج التبني القائمة، **(ج)** تسهيل قيام مؤسسات الرعاية الصحية باتخاذ قرارات متينة، **(د)** وتوفير توجيه لزيادة تبني الابتكارات. ركّزت

دراسـتهم علـى تحديـد هويـة الفـاعلين الأساسـيين الـداخلين فـي عمليـة الابتكـار ضـمن مؤسسات الرعاية الصحية.

ليس من المُفاجئ أنّ العديد من المقالات التي صنّفناها ضمن فئة لحث التصميم ترتبط بأدوات وخوارزميات مُستعملة في التقييم، بصفاتها أدوات نحتاجها لتقييم سيرورات وأدوات موجودة أصلاً، ويمكن ألاّ تعمل مع التقانات البازغة. ظهرت أولى المقالات من هذا النوع عام 2006. غالباً ما يُشار إلى تجارب التحكم العشوائية (Randomized control trials (RCT) بصفتها المعيار الذهبي لتقييم التدخلات في قطاع الرعاية الصحية. ولكن قـد لا يكـون باسـتطاعة RCT تقـديم الصـورة الكاملـة عنـدما يتعلـق الأمـر بتقيـيم تقانـة المعلومات في الرعاية الصحية. كجزء من مساهمتهم، يطوّر ديلون وفورديوسي (Dhillon and Forducey, 2006) التنفيذ والإفادة من منهجية للتقييم، تأخذ في الاعتبار النفاذ إلى الرعايـة الصـحية، وجـودة مخرجـات الرعايـة والرضـا، وكلفـة الرعايـة، بهـدف تقيـيم أنظمـة الطب من بُعد.

تشتمل مقالات عام 2009 على ورقتين تتعلقان بأبحاث تصميم مرتبطتين بتقييم أدوات. يُدخل (Jaana, Pare’ and Sicotte, 2009) أداة وضـع درجات تقييم تهدف لالتقاط مستوى تعقيـد تقانـة المعلومـات فـي المشـافي علـى أسـاس ثمانيـة أبعـاد لتقانـة المعلومـات متعلقـة بتطبيـق سـيرورات محوسـبة وتقانـات بازغـة مـع مسـتوى تكامـل الأنظمـة الداخليـة والخارجيـة. جـرت المُصـادقة علـى الأداة مـن طريـق استطلاع لمشـافٍ فـي مقاطعتين فـي كنـدا (كيبيـك وأونتـاريو). تقيّم دراسـة روبـرتس، وارد، بروكـل، فاكفيلـد، كرانـدال وكونلـون (Roberts, Ward, Brokel, Wakefield, Crandall and Conlon, 2009) الطرائق التـي يستعملها الباحثون لتقييم أنظمـة المعلومـات الصـحية ويتفحّصـون المقاييس والخـوارزميات الموصـى بها في سياق دراسة حالة تصف تطبيق نظام تقانة معلومات رعاية صحية معقّد منهجيـاً وتقنيـاً. وهـم يُـدافعون عـن فكـرة وجـوب أن تُكامِـل المُقاربـة التحليليّـة بـين النقـاط التاليـة: **(1)** الأدوات المفتاحيـة المشـتقة هندسـياً مثـل مخططـات الـتحكم بسـير السـيرورة

إحصائياً، المصممة لتتيح التفحص المرئي لتذبذبات السيرورة على مر الزمن، وللمساعدة في تحديد تلك التذبذبات الناتجة عن أحداث عشوائية وتلك الناتجة عن تغيّر منهجي؛ **(2)** مقاربة تتعلّق بالعوامل البشرية تأخذ في الاعتبار تأثير تطبيق ابتكار على ردود الأفعال البشرية ضمن النظام؛ **(3)** التقاط معطيات موثوقة تمكّن من تحليل أقوى لأداء النظام؛ **(4)** وأدوات إحصائية كمية مناسبة مُصممة لتحليل وتفسير نماذج النظام" (Roberts et al. 2009, p.2). يشير الباحثون إلى فوائد استعمال نموذجهم الخوارزمي المختلط الخطّي قِطَعياً مع قفزات عند العُقَد التي تعالج مصادر القلق هذه.

توجد مقالات تعالج أبحاث التصميم أيضاً في مؤتمر عام 2010. يناقش شين وأتوود (Chen and Atwood, 2010) التحديات أمام تصميم نظام توثيق على الهاتف المحمول. باستعمال دَخْل من الممرضات، يجري كشف النقاب عن مجالين واسعين مثيرين للقلق عند التعامل مع المبادئ الطبية المتعلقة بالأخطاء وسهولة الاستعمال والفاعلية. وفي تقييم لنظام سجلات طبية إلكترونية ضمن نظام مشافي إدارة المحاربين القدماء، طوّر إفتيميادیس، هاموند، لوندري وتيلكي (Efthimiadis, Hammond, Laundry and Thielke, 2010) نظام مُحاكاة لنظام سجلات مرضى محوسب. وأنجزوا دراستين على نطاق صغير للأداة قادتا إلى دراسة ثالثة. أعطت الدراسة الأخيرة تغذية راجعة حول كون وثائق النظام جيدة وواجهته قابلة للاستعمال. تبع هذه التجربة الأخيرة نشرٌ لنظام المحاكاة في بيئة أوسع.

عمل مفاهيمي

توفّر المقالات المفاهيمية في هذه المجموعة مناقشة في العمق للموضوعات التي اتخذ الكتّاب بشأنها مواقف ويريدون إظهار القضايا التي غالباً ما لا تُلحظ في الجهود البحثية أو في الممارسة. في ما يتعلق بالنقاط غير الملحوظة يشير ريتوهارجو (Raitoharju, 2005) إلى أنّ الشدّة من استعمال تقانة المعلومات (IT stress) هي قضية مهمة في قطاع الرعاية الصحية ويجب أن تؤخذ في الحسبان عند تقييم التبني أو التقبّل. يلقي

(Sood, et al., 2008) الضوء على التحديات الفريدة التي تواجه البلدان النامية المتعلقة بتطوير واستدامة السجلات الطبية الإلكترونية. يستعمل شيرلوك وشيسمار (Sherlock and Chismar ,2006) مُقاربةَ مقارنةٍ وتباينٍ لإلقاء الضوء على الدروس المستقاة من نظام الحجز في الرحلات الجوية الذي يمكن أن يُطبّق مستقبلاً في السجلات الصحية الإلكترونية. يوضح خومباتي تيميستوكليوس وإيراني (Khoumbati, Themistocleous and Irani, 2005) مزايا ومساوئ تقانات التكامل المتنوعة (مثل خدمات الويب، وتكامل تطبيقات الشركات) التي تستكشفها مؤسسات الرعاية الصحية وتطبقها، والتي يمكن أن تُغفَل مُمارسةً أوبحثاً. ويسلط (McCleod and Clark, 2007) الضوء على المشاكل الناتجة من التحديد الخاطئ لمستعملي أنظمة المعلومات الصحية. ويستعرض يوسف، بول، لامبروز وسترغيولاس (Yusof, (Paul, Lampros and Stergioulas, 2006 دراسات تقييم أنظمة المعلومات الصحية ويتخذون موقفاً ينص على أنّ النماذج الحالية قاصرة، ثُم يعرضون بعد ذلك إطاراً بحثياً يوسّع النماذج القائمة لتقييم أنظمة المعلومات الصحية.

استعمل فيترر، ميتلر، روهنر ووينتر (Fitterer, Mettler, Rohner and Winter, 2010) زمرةَ تركيزٍ لتحديد العوامل الإضافية لتقييم أنظمة معلومات صحية مُتمّمة. وقُدمت أداة استبيان النتائج لمساعدتهم في تطوير مجموعة من السلالم لتحقيق تقييم أفضل للنظرية العامة لتقبّل واستعمال التقانة (UTAUT). وجرى تقييم نموذج مفاهيمي لتطوّر نموذج أعمال مُطوّرٍ من قبل (Kijl and Nieuwenhuis, 2010)، باستعمال دراسات كيفية لتطوير النموذج ودراسات كمية لتقدير الفوائد من حيث الكلفة الناتجة من إعادة تأهيل النموذج.

التصميم التجريبي

لقد أجرى بادمانابان (Padmanabhan et al., 2006) تجربة مخبرية "اختبار لاحق بزمرتين" بهدف تقييم المدى الذي يؤثر فيه نموذج مخبري لتصنيف المرضى على جودة سيرورات صنع قرار التصنيف ومخرجاتها. جرّب المشاركون التسعة والعشرون في الزمر التجريبية

عشرة سيناريوهات لحالات اختبار في زمر عشوائية كلّ منها مكونة من خمسة أشخاص يستعملون نظام التصنيف. وحاولت الزمرة الشاهدة إجراء سيناريوهات الاختبار ذات الحالات العشوائية نفسها باستعمال القلم والورقة. وجرت مُقارنة "فاعلية" سيرورة اتخاذ القرار (درجة فهم المسألة، الوضوح المُستَشعَر في استراتيجية الاختيار، الوضوح المُستَشْعَر في سيرورة حل المسائل، ثقة المستعمل، والفائدة المُسْتَشعَرَة) و"كفاءة" السيرورة (دقة، اتساق، وتطبيق فعلي) في حالة كل زمرة بواسطة اختبار لاحق.

أشارت أوراق مؤتمر عام 2009 إلى ازدياد الاهتمام بالتصميم التجريبي. استعمل (Roberts et al., 2009) تصميماً تجريبياً ممتداً زمنياً وتحليلاً لدراسة التوجهات في حالات التأثيرات السلبية للأدوية (Adverse drug events) (ADEs) وإمكانات اكتشافها بواسطة تطبيق تقانة المعلومات الصحية، وقدّمت مقالة أخرى في عام 2009 أول تجربة حقلية من قِبَل (Paré, Sicotte, Chekli, Jaana and De Blois, 2009). واستعمل فريق البحث تصميم بحث سابق– لاحق لتقييم الآثار المرتبطة بنشر نظام رعاية منزلية من بُعد.

مصادر المعطيات

إحدى المسائل المطروحة عند تصميم الدراسات البحثية حول أنظمة معلومات الرعاية الصحية هي اتخاذ القرار حول أيّ المعطيات يجب جمعها وممن. هناك مصادر متعددة في هذه البيئة المعقدة وقد يمثل اتخاذ القرار بشأن أفضل مصادر المعطيات تحدياً.

إنّ مستعمل النظام هو مصدر المعطيات المرغوب في العديد من الدراسات حول التبني والنشر والاستعمال والتقييم. ولكن، قد لا يكون تحديد المستعمل أو معرفة من أي المستعملين يجب طلب المعلومات، بهذا الوضوح في إطار الرعاية الصحية. في ما يتعلّق بتحديد هوية المستعملين، يُسلط عمل حديث لـ ماكلود وكلارك (McLeod and Clark, 2007) الضوءَ على نقاط الضعف الناتجة من افتراضات خاطئة حول من هو مستعمل التقانة الصحية والتأثير الناجم عن الفهم الخاطئ للمستعمل على نتائج البحث. ويشيرون

إلى أن العديد من الدراسات السابقة حول التبني والنشر قد ركّزت على الأطباء بصفتهم المستعملين الأوّليين لتقانات أنظمة المعلومات الصحية. ولكن، بعد تأسيس تعاريفنا للاستعمال وإجراء تفحّص من قُرب، تبيّن أن المستعمل الأوّلي الذي يجب أن يكون موضع الدراسة في العديد من الحالات قد يكون محترفاً آخر لمهنة طبية، كممرض أو عامل دعم. ويمكن أن تظهر مفاهيم خاطئة مُشابهة عند تصميم دراسات عندما توضع فرضيات حول كون المريض هو المستعمل لموقع ويب صحي أو تقانة أخرى. عند التفحص من قُرب، يمكن للنظام تحت الدراسة أن يُستعمل فعلياً من قبل مُقدِّم الرعاية في المنزل وليس المريض.

وقيّمت دراسات متعددة أهمية طلب المعطيات من أصحاب مصلحة متعددين تقييماً متدنياً، إذ يمكن أن يكون هناك تنوع من وُجهات النظر وجيوب متممة لمعرفة النظام، عندما يتعلّق الأمر بتقانة معلومات الرعاية الصحية. ساهم فيتش (Fitch, 2004) بمقالة تنظر في فجوة المعرفة والتباسات التواصل بين محترفي الرعاية الصحية ومُخطّطي تقانة المعلومات التي يمكن أن ينتج منها ترجمة خاطئة لمتطلبات المستعمل إلى متطلبات النظام. يسلط عمل (LeRouge and Hevner, 2005) الضوء على أهمية جمع المعطيات من جميع المشاركين في تصميم سيرورة تقانة صحية وتقييمها. وضّح هذا الفريق الحاجة لوجهات النظر من مشاركين متعددين (مريض، مزوّد خدمة، عامل صحّي موجود في الغرفة مع المريض) للحصول على صورة شاملة للمواصفات المفتاحية لتقييم جودة اللقاءات في الطب من بُعد. وعلى الرغم من تشارك الفئات المحددة بمواصفات مشتركة، ولكن يمتلك عناصر كل فئة مواصفات أخرى فريدة، استناداً إلى وجهات نظرهم ودورهم في السيرورة.

الدراسات البحثية في مجموعتنا متنوعة من حيث معالجتها للأنواع المختلفة من محترفي المهن الطبية (الأطباء، الممرضات، التقنيون) فمنهم من يضعهم في سلّة واحدة ومنهم من يعاملهم كفئات مختلفة. فمثلاً لا يفرّق (Wu, Wang and Lin, 2005) بين فئات

المستعملين هذه عند تقييمهم لقبول أنظمة الرعاية الصحية المحمولة. أمّا (Mantzana and Themistocleous, 2006) فيأخذان موقفاً إلى جانب فكرة أنّ العوامل المؤثرة في التبني تتغير تبعاً لأصحاب المصلحة. يوضح هذا الفريق طريقة يمكن أن يستعملها الباحثون والممارسون لتحديد وتفصيل الشبكة المعقدة التي تربط أصحاب المصلحة في نظام معلومات رعاية صحية، بهدف إلقاء الضوء على فئات المتبنّين المختلفة وعلى وجهات النظر المختلفة حول الدور الذي يؤديه نظام معلوماتي في الأجزاء المتنوعة من سيرورة تقديم الرعاية الصحية.

يذكّرنا عمل غو وأغاروال (Goh and Agarwal, 2008) بأنّ جمع المعطيات الأولية من أصحاب المصلحة من البشر، ليس المصدر الوحيد للمعطيات في تقانة معلومات الرعاية الصحية. استعملت دراستهم تحليل معطيات على أساس معطيات مؤرشفة من شركة تزويد برامج صحية تستضيف البرامج على موقع بوابة صحية واسعة الانتشار على الإنترنت. أمّا مصدر المعطيات المقدّمة فقد كان صورة لحظية لمحتوى قاعدة معطيات الشركة. أمّا المعلومات التي أدّت دور الدخل لإجراء التحليل فلقد جُمعت من استجابات المستعملين لتقييم المخاطر الصحية (Health risk appraisal) (HRA)، وسجلات نشاط المستعملين، وانتساب المستعملين ومشاركتهم في برامج التدخل الصحية.

قُدّمت دراستان تستعملان معطيات من الويب في عام 2010. في دراسة لشركات التأمين الألمانية التي تنتقل إلى (Web 2.0)، حلّل بلين، كوهن ونوتغنز (Blinn, Kühneand Nüttgens, 2010) محتويات 192 موقعاً على الويب. وبالمثل أجرى مافلانوفا وبنبونان – فيش (Mavlanova and Benbunan-Fich, 2010) تحليلاً لمحتوى 90 موقع صيدلاني على الوب لتقييم المواقع ائتمانياً.

وفي دراسة أخرى متعلّقة بالقضايا الصيدلانية، استعرض سبولدينغ، فوروكاوا وراغو (Spaulding, Furukawa, and Raghu, 2010)، باستعمال تحليل مربعات صغرى

عادي، 4000 مشفى في الولايات المتحدة. ولقد وجدوا دعماً لفكرة أنّ تطبيق السيرورة، بصيغة أنظمة مداواة متنوعة، يحسن من نوعيتها.

بالإضافة إلى دراسة (.Spaulding et al) جرى التطرّق إلى القضايا المؤسساتية في ثلاث مقالات في عام 2010. استعمل لاهيري وسيدمان (Lahiri and Seidmann, 2010) معطيات تدفق العمل المؤسساتي بصيغة الزمن المُستغرق في التقرير (Report Turnaround Time) (RTAT)، لتقييم الكفاءة في تجهيزات أنظمة معلومات التصوير الشعاعي. ركّزت هذه الدراسة على تقصير RTAT عندما تتوفّر المعطيات كاملة عند بداية كتابة التقرير. واستعمل أفغار، هيت وتامب (Avgar, Hitt and Tambe, 2010) معطيات على مستوى المؤسسة، بصيغة تذاكر خدمة مجمّعة من قبل أطراف بائعة ثالثة، لتقييم العلاقة بين رضا الموظفين وحذرهم من جهة وتكاليف التبني في مجموعة من مراكز التمريض.

استُعْمِلت الاستطلاعات في دراستين من الدراسات المُقدّمة عام 2010. استطلع (Fruhling, 2010) في منطقتين ريفيتين الأطباء المقيمين من طريق تحديد المواصفات المميِّزة لسكان المناطق الريفية باستعمال تقانة المعلومات والمواصفات الديموغرافية في آنٍ معاً. وفي برايكي، فالزاك، بارتازاراتي (Brickey, Walczak, Parthasarathy, 2010) نجد استطلاعاً شمل 242 فرداً حول استشعارهم لجودة الأطباء واستعمال السجلات الطبية الإلكترونية.

بعد أن استعرضنا المستويات المختلفة للدراسة والمنهجيات المستعملة، نلتفت الآن إلى التطورات والرؤى المتعلقة بالتطبيقات الفعلية واستعمال تقانة المعلومات في الرعاية الصحية التي جرى تحرّيها في مجموعتنا من المقالات.

التطورات والرؤى في استعمال التقانة في الممارسة الصحية

أنظمة السجلات الطبية الإلكترونية

غالباً ما تُستعمل تعابير: سجل طبي إلكتروني EMR، وسجل صحي إلكتروني EHR، وسجل مريض إلكتروني EPR وسجل صحي شخصي PHR، لتعني الشيء نفسه، ومع ذلك نحتاج إلى أن نشير، أنّه من الناحية التقنيّة، هناك فرق بينها. إنّ EMR هي أداة فاعلة تُستعمل من قِبَل المُزوّدين ضمن مؤسسة صحية واحدة توفّر النفاذ إلى سجلات المرضى والمعلومات، وتدعم القرار، والموارد والتنبيهات. أمّا EHR و EPR فهي أدوات فاعلة تجمّع وتحتفظ إلكترونياً بالمعلومات المتعلقة بصحة المريض وعلاجه التي جرى جمعها في مؤسّستين صحيّتين على الأقل. وأخيراً، تشتمل PHR على معلومات عن سلامة وصحة الأفراد قد تُجمع روتينياً ويُحتفظ بها في المرافق الصحيّة أو قد لا تُجمع، ويتحكّم بها الأفراد ويمكن أن تمتد على عدّة مؤسسات. في حالتنا، سنفترض، ما لم نذكر خلاف ذلك، أنه أياً كان النظام موضوع النقاش، EHR أو EMR أو EPR، فلديه القدرة على توفير دعم للقرار السريري، ودعم لطلب الطبيب، ولالتقاط معلومات الاستعلام ذات الصلة بنوعية الرعاية الصحية، والتبادل الإلكتروني للمعلومات مع مصادر أخرى والتكامل معها (Wilson, 2009). نريد أن نبدأ هذا المقطع بالاعتراف بأنّه، على الأقل من الناحية التقنية، هناك ترتيب متزايد ضعيف بينها.

مُعترفين بمعدل التبنّي المنخفض لـ EMR على أساس النظرية الموحدة لقبول التقانة واستعمالها (UTAUT)، يستكشف (Fitterer et al., 2010) قيمةَ EMR من طريق تطبيق هذه المتغيرات المفتاحية الستة في مراجعتهم المقودة مفاهيمياً للأدبيات: نوعية المعلومات، المخرجات، الكفاية، التحكم، النفاذ والمقدرة، والثقة. يوفر التصنيف الناتج لقيمة نظام المعلومات الصحية فهماً مفصلاً لمؤشرات القيمة الخاصة بكل مجال.

يُعتبَر موقف الأطباء تجاه EMR موضع اهتمام العديدين. تحرت دراسة من عام 2007 لـ Ilie et al.، العوامل الأكثر مساهمة في تحديد مواقف الأطباء تجاه EMR واستعماله. باستعمال نظرية السلوك المُخطّط ومقاربة دراسة حالة، يُسلّم هذا البحث بأن سلوك الأطباء تجاه EMR سيتحدّد أساساً بمواقفهم وإدراكهم تجاه استعمال EMR. لقد وجدوا أن أكثرية الأطباء المقيمين والمشرفين قد حدّدوا تعقيدات استعمال EMR بصفتها المؤثر السلبي الأكبر في إدراكهم، وأنّ نظام EMR الذي كانوا يستعملونه لم يكن متوافقاً مع تدفق عمل الأطباء.

وبأسلوب مماثل، وجد تريمر وآخرون (Trimmer et al., 2006) أنّه في الوقت الذي كانت فيه المواقف المهمة المتعلقة بـ EMR إيجابية، ظهر قلق متسق مستمر عبَّر عنه الأطباء المقيمون بشأن سهولة الاستعمال. ولقد علّق الأطباء المقيمون بالإجماع على أهمية الدقة في توثيق المريض، والقدرة على تحديد مكان المعطيات بسهولة. ولم تُلاحَظ توقعات الأداء المتعلقة إمّا بالجنس أو العمر، وفي الخطوة اللاحقة لهذا الخط من البحث، يتحرى ويغنز وآخرون (Wiggins et al., 2009) عاملاً وسطياً بعينه في نظرية UTAUT: تأثير الخبرة السابقة مع EMR. ولقد وجدوا، على الأقل ضمن هذه الفئة من المقيمين والأطباء، لا توجد بالضرورة علاقة إيجابية بين الخبرة مع EMR ونيّة الأطباء أو رغبتهم بتبنيه.

يوجد القليل من الأعمال التي تتعرّض لتقانة المعلومات الصحية في إطار الرعاية الطويلة الأمد. شروعاً بدراسة موضوع تبني EMR في التمريض المنزلي، تحرّى أفغار وآخرون (Avgar et al., 2010) تأثير العوامل المؤسساتية في تكاليف تبني HIT على التمريض المنزلي في الولايات المتحدة. تقترح اكتشافاتهم أنّ التمريض المنزلي يتميز بمستويات أعلى من رضا الموظّفين وتقديرهم مقابل تكبد نفقات أقل في تطبيق EMR. وكذلك، من وجهة نظر فريدة، يُناقش إيفتيميادس وآخرون (Efthimiadis et al., 2010)

المُحفّز لتقييم جودة وثائق EMR، وتطوير استبيان، وكيف تطوَّر تصميم مُحاكي EMR وجرت إدارته.

الشأن المتعلّق بتطبيق EMR واستعماله والذي غالباً ما يُثار حوله اللغط هو تأثير ذلك على العلاقة بين المريض والطبيب. يستكشف سيبونا وآخرون (Sibona et al., 2010) هذا الموضوع على نحو غير مباشر، من طريق تحرّي إدراك المريض لاستعمال EMR من قبل الطبيب في غرفة الفحص. ولقد وجدوا أنّ الأطباء يحصلون على تقديرات رضا إجمالي أعلى عند استعمالهم الحاسوب لاسترجاع معلومات عن المرضى أو إدخالها، ومع أنّ المرضى الذي جرّبوا EMR قد اعترفوا بازدياد قابليّة حمل سجلاتهم ولكنهم لا يعتقدون أنّ المخرجات الصحية للأطباء الذين يستعملون EMR تكون أفضل.

وأخيراً، باعتماد عيادات الأطباء الخاصّة بصفتها وحدة التحري، طرح ريردون ودايفدسون (Reardon and Davidson, 2007) السؤال عن كيفية فهم الأطباء للرؤية التنظيمية لـ EMR ووجدوا أنّه على أصحاب المصلحة أنّ يؤدّوا عملاً أفضل في إيصال معقولية EMR وفي تقديم عروض لـ EMR قبل أن ترى عيادات الأطباء المستقلة الرؤية التنظيمية لـ EMR بالوضوح والتناسق والغنى والتوازن المطلوب لتُستَحسن وتُتَبَنّى.

مبتعدين عن الأسئلة حول الأطباء وأسبابهم مع تبني واستعمال EMR أو ضدّه، يسأل ماكينون وواسرمان (MacKinnon and Wasserman, 2009) عن العوامل الحرجة وراء نجاح تطبيق أنظمة EMR. ويقترحان أنّ فهماً لتخطيط موارد المؤسسات (Enterprise Resource Planning) (ERP) سيساعد في نجاح تطبيق أنظمة EMR. وقدّما دعماً قوياً لمقولة أنّ مُعاملة EMR بصفته نوعاً من ERP هو عامل نجاح وراء تطبيقه. وتشتمل رؤى أخرى على ضرورة اختيار نظام EMR موثق من CCHIT (المترجم: لجنة اعتماد تقانة المعلومات الصحية) ومقيّم من شركة KLAS.

يُعتبر تبني EMR وتطبيقه محلّ اهتمام على النطاق العالمي. تُشير دراسة سود وآخرون (Sood and al., 2008) إلى التحديات التي تواجه البلدان النامية والمتقدمة التي

تعوق تطوير EMR وتقدمه، ويقترح المؤلفون أنّ البلدان النامية قد تحتاج إلى البناء على البنى الحالية لقواعد معطيات الرعاية الصحية وبتقانات جرى إثبات أنها تعمل بعد إضافة الوحدات النوعية الخاصة بالأمراض ذات الصلة التي يحتاجها كل بلد وفق خصوصيّته مع مرور الزمن.

وفي ختام هذه المناقشة حول EMR، من الضروري أن نشير إلى أنّ EMR كان ولا يزال يوصف بأنّه الجواب على أي عدد من المشاكل التي تعاني منها صناعة الرعاية الصحية. تعكس الدراسات السابقة التركيز الحالي في الأدبيات على تبني EMR وتقبّله، وخصوصاً بين الأطباء. هذا المجال من الأبحاث غني، وفيه الكثير مما يجب تحريه. إنّ EMR موضوع عالمي النطاق يمكن أن يُنظر إليه ويُدرس بواسطة عدسات ضيقة على مستوى المستعمل/ المؤسسة، أو بواسطة عدسات واسعة الزاوية على المستوى الوطني/ العالمي. ولما كان المحفّز الأولي لاستعمال EMR هو تحسين النفاذ إلى المعلومات الصحية وتمكين التواصل بين مانحي الرعاية، والمرضى والمؤسسات الصحية، والنظم الإقليمية، وربما الأممية، تبقى العديد من الأسئلة ويبقى الكثير من العمل ليُنجَز.

أنظمة تقانة المعلومات الصحية السريرية

ننتقل الآن من EMR إلى تحري الأنظمة المعلوماتية المستعملة لدعم نشاطات محددة ضمن الإطار السريري. هناك منهجية مُثبتة في الرعاية الصحية تصف حالات الفشل في تطبيق، أو استعمال أو تبني تقانة المعلومات السريرية. يتحرّى باري وآخرون (paré, et al., 2008) في مقالتهم، عوامل الخطر النموذجية المرتبطة بأنظمة المعلومات السريرية، وأنظمة سجلات المرضى الإلكترونية، وأنظمة أرشفة الصور واتصالاتها (PACS)، ومشاريع أنظمة إدخال الوصفات الطبية المحوسبة. يتابع الباحثون بعدها ليطرحوا السؤال: "ما هي الأهمية النسبية لعوامل الخطورة هذه؟" بافتراض أنّ نجاح أي مشروع نظام معلومات سريري يكمن في القدرة على تحديد عوامل الخطر بهدف الحدّ منها، ومن ثَم تحسين فرص النجاح، يجد هذا العمل أنّ معدّلات الفشل الناتجة من عوامل الخطر

المجهولة الهوية وغير المتوقعة لا تزال تمنع مشاريع نظم المعلومات السريرية من أن تكون مفيدة. يحتاج المديرون إلى تحديد هوية المخاطر النموذجية التي يمكن أن تواجه المشروع، وآثارها في نجاحه.

ينظر بيري (Perry, 2007) في الخيارات المتعلقة بالأنظمة على أساس السيرورة بصفتها تساعد العاملين المحترفين في مجال الصحة العقلية، وينظر إلى أي مدى يمكن لهذه الأنظمة أن تُتَمّم أو تُدير أنواعاً من المعرفة الضمنية مثل الدراية "know-how" أو المشاعر. المشكلة المركزية التي جرى تحديد هويتها في هذه الدراسة هي أنّ العاملين في الصحة العقلية يجدون انتقال المعرفة من شخص لآخر مُطمئناً وجديراً بالثقة، في حين يُنظَر إلى الطرائق الإلكترونية بأنها غير جديرة بالثقة. تؤكّد هذه الاكتشافات على فكرة عدم وجود دليل على أن انتقال المعرفة بواسطة تقانة المعلومات يحمل اطمئناناً اجتماعياً.

يصف عمل بادمانابان وآخرين (Padmanabhan et al.) الذي تمّ عام 2005 منهجية لتقييم نظام دعم تصنيفٍ محمول على مساعِد رقمي شخصي (Personal Digital Assistant) (PDA). وجد الباحثون فرصاً قليلة لتحسين مستوى العناية بالمرضى من طريق ممرضات التصنيف اللاتي استعملن تقانة دعم القرار هذه. وفي بحث أحدث أجراه بورلي وآخرون (Burley et al., 2008) حول موضوع مشابه طُرح التساؤل: بأي طريقة تعطي الأنظمة المحمولة قيمة داخلية في مؤسسات الرعاية الصحية عند الطوارئ ؟ يُشير عملهم إلى أنّ إدخال التجهيزات المحمولة يمكن أن يدعم خدمات سيارات الإسعاف من طريق تقديم معلومات أكثر كفاية وفاعلية. ومع ذلك يُحذّر المؤلفون من وجود توازن دقيق بين متطلبات التقاط المعطيات الداخلية والمتطلبات الخارجية مثل قابلية قراءة سجلات رعاية المريض الإلكترونية. وأخيراً، عند تفحصهم التحديات أمام أنظمة التمريض النقالة، بحث شن وأتوود (Chen and Atwood, 2010) مسألة قلق الممرضات الناجم عن استعمال تقانة المعلومات الصحية النقالة. وجد هؤلاء الباحثون توترات بين مبادئ سهولة

الاستعمال والفاعلية من جهة والتفاصيل العملية المتعلقة بالتعامل مع الأخطاء الطبية، والخصوصية والتوقفات.

ومع ذلك لا يدعو كل شيء إلى التشاؤم. يعرض عمل آيال وسيدمان (Ayal and Seidmann, 2009) بعنوان "حول الدور الاقتصادي لـ RIS/PACS في الرعاية الصحية: دراسة تجريبية" دراسةً تقيس أزمنة السيرورة وعائداتها، بالإضافة إلى نتائج استطلاع أُجرِي على العاملين والزبائن حول الفوائد العملانية المُسْتَشْعَرَة الناجمة عن مُكاملة RIS/PACS في نظام صحي. لقد افتُرِضَ أنّ RIS/PACS ستُحسّن الفوترة، وتخفّض أزمنة تشخيص الفحوصات خفضاً ملموساً، وتحسّن مستويات رضا الزبائن عن خدمة تشخيص الصور. لقد جرى تحديد هوية الأنماط في الاستطلاعات بواسطة منهجية تحليل المركّبة الأساسيّة (Principal Componant Analysis) (PCA). تُشير النتائج إلى أنّ الأطباء كانوا راضين عن مستوى تفاعلهم مع العاملين في الأقسام، في حين كان الزبائن غير مبالين بجودة الخدمات.

ولتحرّي قضايا تدفق العمل مع RIS/PACS، أدخل لاهيري وسيدمان (Lahiri and Seidmann, 2010) مفهوماً لشرح الأسباب التي جعلت النظام نفسه يعطي أثراً إيجابياً في التصوير الشعاعي لسرطان الثدي وأثراً مهملاً في MRI. لذلك نجدهم بدؤوا يفكّون التشابك لإيجاد الإجابة عن السؤال: لماذا لا يعطي RIS السريري فوائد متشابهة في صيغه المختلفة أو على الصنوف المختلفة للزبائن؟

متعرضاً لنظام معلوماتي سريري آخر، يدرس سبولدينغ وآخرون (Spaulding et al., 2010) قضيتين متعلقتين بإدارة المداواة الصيدلانية. تبين اكتشافاتهم أنّ لمستوى أتمتة سيرورة المُداواة في الصيدليات علاقة إيجابية مع العائدات والجودة، ولكنهم وجدوا أيضاً علاقة سلبية بين الأتمتة وتكاليف العمل الصيدلاني.

ما أصبح واضحاً عند النظر في التطبيقات السريرية لتقانة معلومات الرعاية الصحية هو وجود مجال بازغ فيه اكتشافات مختلطة سيستمر بالنمو والتطور. وبالفعل يحتل هذا المجال موقعاً مركزياً في الأبحاث المتعددة الاختصاصات. المواقع حيث تتقاطع الاختصاصات، مثل التمريض والجودة، أو المختبر السريري ورضا المريض، هي مواقع خصبة ومهمّة للأبحاث المستقبلية.

التطبيقات الإدارية لتقانة المعلومات الصحية

يمكن أن يُناقش المرء بسهولة أنّ تطبيقات EMR والطب من بُعد هي أمثلة عن استعمالات إدارية لتقانة المعلومات الصحية لأنّها تُرى كأساليب لزيادة الكفاية والنفاذية والجودة. لقد نوقشت هذه التطبيقات سابقاً. لقد بدأ استعمال تقانة المعلومات في الرعاية الصحية بتطبيقات أعمال مثل الحسابات والفوترة ولا تزال التطبيقات الإدارية الكامنة لتقانة المعلومات الصحية تُستكشَف. يتفحص عمل (Fruhling et al., 2005) تطوير تطبيق رعاية صحية يتعلق بالأمان الحيوي وتتجيزه. تُركّز هذه المقالة على البرمجة وهندسة البرمجيات، ولكنها مع ذلك تؤكّد على أنه، مثل الإرهاب، أصبحت العوامل الممرضة، والقنابل القذرة وغيرها من التهديدات الكيميائية أكثر معقولية، وتحتاج الرعاية الصحية، بصفتها أكبر الأعمال المعلوماتية في الولايات المتحدة، إلى التحوّل إلى تطبيقات تقانية مثل الصحّة من بُعد telehealth لتطوير تطبيقات أمان حيوي للرعاية الصحية وتتجيزها.

وهناك عمل بحثي آخر يتعرّض إلى الجانب الإداري من HIT وهو التحرّي الذي أجراه بلين وآخرون (Blinn et al., 2010) عن استعمال Web 2.0 من قِبَل شركات التأمين الصحي العامة والخاصة في ألمانيا. لمّا كان تمويل المرض يؤدي دوراً مهماً جداً في نظام الرعاية الصحية الألماني، أجرى هؤلاء الباحثين جرداً كاملاً لجميع مواقع شركات التأمين الألمانية التي عددها 238، حيث طرحوا سؤالين : **(1)** أيُّ معلومات أو محتوى يُقدّم من تمويل المرض في ألمانيا؟ و**(2)** وكيف يجري تقديم هذا التمويل؟ تبيّن نتائجهم

أن كمية المحتوى المقدّمة من شركات تأمين الرعاية الصحية العامّة أعلى من تلك المُقدّمة من تلك الخاصّة. والأمر نفسه يسري بشأن تطبيق أدوات (Web 2.0).

آخر أمثلتنا عن أبحاث HIT الإدارية هو ورقة خومباتي (Khoumbati et al., 2005) حول تكامل تطبيقات المؤسسة (Enterprise Application Integration) (EAI). حيث يجري وصف تكامل أنظمة معلومات الرعاية الصحية مع EAI، وذلك في ما يتعلق بالطريقة التي تجري وفقها مُكاملتها على المستوى الداخلي للمشفى وخارجياً مع مشافٍ، ومزوّدي رعاية صحية أولية، وأصحاب مصلحة آخرين. حدّد المؤلف العوامل التقنية، والتكلفة، والأخطاء الطبية، وأنظمة دعم القرار، والأمان، وسريّة معلومات المرضى بصفتها العوامل التي تحفّز تبني EAI في مؤسسات الرعاية الصحية. ويستنتج الباحثون، من وجهة نظر الأعمال، أنّ EAI يُخفّض الكلفة الكليّة للمُكاملة الناتجة عن خفض زمن المُكاملة وتكلفة الصيانة.

الطب من بُعد (Telemedicine)

هناك عدد كبير من التطبيقات التي تقع تحت مظلة الطبّ من بُعد والتي جرى تحريها على نحو متزايد على مرّ السنين. إنّ الطب من بُعد هو استعمال الاتصالات في رعاية المرضى ويمكن أن يشتمل على عدد من آليات التسليم الإلكترونية. تتحرّى الأسئلة البحثية المهمة جداً حول الطب من بعد درجة قبوله وفعاليته. فمثلاً، درس (Wu et al., 2005) التطبيقات النقالة متسائلاً عمّا يحدد قبول المحترفين الصحيّين لتقانة الرعاية الصحية النقالة، واستنتجوا أنّ للتوافقية والكفاءة الذاتية تأثيراً ملموساً في سلوك النوايا. أمّا دعم الإدارة، كما افترضوا، فلم يؤثر في السلوك في هذه الدراسة. ولقد استعرض الباحثان (Dhillon and Forducey, 2006) في دراستهما تقنيات تقييم فعالية أنظمة الطب من بُعد. ولقد أشارا إلى استعمال ناجح لـ HIT في ما يتعلق بالنفاذ، والجودة والتكلفة في نظام ريفي للصحة من بُعد. ويشرح (Fruhling, 2010) أنّ الأمان والخصوصية يبقيان مصدر قلق للمستعملين الريفيين المحتملين لخدمات الصحة الإلكترونية (e-Health). في وقت إجراء

هذه الدراسة، السبب الأساسي الذي جعل معظم المقيمين في الريف لا يشاركون هو عدم امتلاكهم حاسوباً أو تعذّر إمكانية النفاذ إلى الإنترنت. وعليه، يُعدُّ عدم توافر البنية التحتية التقانية في المناطق الريفية حاجزاً جديّاً.

في عام 2008 قامت ثلاثة فرق بحث بتحرّي ثلاثة تطبيقات مختلفة جداً ومحددة جداً من تطبيقات الصحة من بُعد. طرح (Goh and Agarwal, 2008) ثلاثة أسئلة بحثية: **1)** ما هي العوامل التي تؤثر في أوّل انتساب لفرد إلى برنامج تدخل صحي على الإنترنت؟ **2)** ما هي العوامل التي تؤثر في استمرار المشاركة في البرنامج؟ **3)** وكيف تختلف الدوافع التي أدت إلى المشاركة الأولى عن تلك المتعلقة باستمرار المشاركة؟ ولقد وجدا أنّ الأفراد الأقلّ رضا عن حياتهم أو عملهم هم الأكثر ميلاً إلى الانتساب إلى برنامج، أمّا العلاقات الاجتماعية فهي ليست معنوية في التنبؤ بالانتساب، وأنّ الشعور بالخطر من الإصابة بالمرض له تأثير إيجابي ملموس في الانتساب. بالإضافة إلى ذلك، لقد وجدا أنّ للجنس تأثير مُلطِّف قوي، مما يقترح أن جنس الفرد يؤدي دوراً مركزياً في استدامة المشاركة؛ يحتاج أصحاب المواقع إلى النظر في زيادة جهودهم لتحقيق ديمومة اشتراك الإناث أكثر مما يفعلونه للذكور.

وتحرّى العمل الذي أجراه شو وآخرون (Cho et al., 2008) كيف تطور ابتكارٌ في الصحة من بُعد من مرحلة التبني الأوّلي من قِبَل شبكة صغيرة من تجمّع للمشافي إلى انتشار أوسع بين عدد أكبر من سكّان مناطق ريفية. نتج من دراستهم ست توصيات محدِّدة للنجاح: **1)** تطوير خطة طويلة الأمد للمراحل التي تلي المرحلة الاختبارية. **2)** وضع الابتكار بوصفه مقولة ربح مُقابل ربح. **3)** الاتساق مع سيرورات المشافي الريفية. **4)** التوافق مع قضايا البنى التحتية التقانية في المناطق الريفية. **5)** النظر في الاتفاقات المؤسساتية والقضايا القانونية. **6)** وبناء قاعدة المعرفة بدءاً من مرحلة التبني الأولي وإدارتها. يشير الباحثان لوروج وهيفنر (LeRouge and Hevner, 2005) إلى أنّ طريقة استعمال التقانة يمكن أن تؤثر في فاعلية تعريف الجودة في المؤتمرات الفيديوية الطبية.

آخذين مُقاربة الأعمال، يُدخل (Kijl and Nieuwenhuis, 2010) نموذج مرحلة أعمال مبكّرة في مُقاربة هندسية لتطبيق خدمة إعادة تأهيل من بعد. وأيضاً من وُجهة نظر أعمال، يقدم مافلانوفا وبنبونانفيش (Mavlanova and BenbunanFich) بحثاً يستعمل نظرية الإشارة ومجموعة من مواصفات مواقع الويب للتمييز بين الصيدليات المنظمة وغير المنظمة على الإنترنت.

وفي اتجاه مختلف تماماً، يتفحص كيفل وآخرون (Kifle et al., 2008) نقل تقانة المعلومات والاتصالات (ICTT) كما هو مُطبّق في حالة الطب من بُعد في بلدان جنوب الصحراء الأفريقية. انطلاقاً من افتراض أن قدرات الطب من بُعد مرتبطة على نحو إيجابي بقيمة المخرجات الاجتماعية للطب من بُعد، فقد وجد هذا البحث أنّ المخرجات الاجتماعية للطب من بُعد مرتبطة إيجابياً بالمخرجات ذات القيمة للطب من بُعد. وتحديداً، ترتبط السياسات، التي تحبّذ تطوير تقانة المعلومات والاتصالات عموماً، ارتباطاً إيجابياً بقدرات الطب من بُعد، والسياسات المفصّلة خصّيصاً لضمان أمن المعطيات والمعايير ترتبط إيجابياً بقدرات الطب من بُعد وبمستوى البنى التحتية لتقانة المعلومات والاتصالات. والسياسات المفصّلة خصّيصاً لتعزيز تطبيق ICT في الرعاية الصحية ترتبط إيجابياً بمستوى البنى التحتية لتقانة المعلومات والاتصالات، وأنّ بنيةً تحتيةً لـ ICT أكثر وثوقية وأيسر نفاذاً ترتبط إيجابياً بقدرات الطب من بُعد.

لقد كان تحري "الصحة من بُعد" والعوامل التي تؤثر في تقبله موضوعاً أساسياً في مؤتمر 2009. أتوجد مميزات محددة مرتبطة بقبول تطبيقات الصحة من بُعد واستعمالها؟ مثلاً، أتؤدي الثقافة دوراً في تبني تقانة الطب من بُعد الجديدة؟ يجد ميسو وآخرون (Meso, et al., 2009) أنّه في المجتمعات المدروسة، تؤثر الثقافة تأثيراً ملموساً في نوايا الأفراد لاستعمال التقانات الجديدة قبل تطبيق هذه التقانات. ولكن، ما إن يصبح الطب من بُعد في مكانه، ويألف الأفراد استعماله، حتى تتوقف الثقافة عن تأدية أدوار ملموسة في سلوك الاستعمال. في خط مُشابه من البحث، قابَلَ توباكان وآخرون

(Topacan et al., 2009) المستعملين المحتملين للطب من بُعد، وطرحوا أسئلة مفتوحة شبه منظّمة بهدف دراسة وتحليل إدراكهم لنموذج أولي لخدمة طوّرت خصّيصاً لمصلحة هذه الدراسة. وجد هؤلاء الباحثون أنّ مميزات المستعملين المحتملين (مثل العمر ومستوى التعليم)، وكلفة الخدمات، والأمان، وزمن الاستعمال، والعوامل الاجتماعية سوف تؤثر في تبني خدمة معلومات صحية مثل الطب من بُعد ضمن الفريق المشارك في الدراسة.

باتباع مُقاربة مختلفة قليلاً، تحرّت دراسة من سفندسن وآخرين (Svendsen et al., 2009) عن أنظمة تحفيز مفصّلة على أساس الهواتف النقالة، ما إذا كانت هذه الأنظمة ستساعد في محاربة المشاكل الصحية المتزايدة المقترنة بنقص التمارين الرياضية. كانت أسئلة الدراسة مرتبطة بالتحفيز والكفاءة الذاتية في ما يتعلّق بالتمارين الرياضية. كانت النوايا السلوكية وتقبل النظام النقال مقودة بالتحفيز المتأصّل في الفرد وبالفائدة المُستَشعرة من التطبيق. يقترح الباحثون أنّ أنظمة التحفيز على أساس الهاتف النقال ستعمل على نحو أفضل إذا قُدّمت إلى العموم بهيئة ألعاب ممتعة، وعلى نحو ثانوي إذا قُدمت بصفتها أدوات مُفيدة للصحة.

وسألت دراسة عن آثار تطبيق برمجية تهدف لأَمْثَلَة الخدمات السريرية المقدمة إلى المرضى في منازلهم. استنتج باري (Paré et al., 2008) أنّ لتطبيق برمجية رعاية منزلية من بُعد آثاراً إيجابية على إنتاجية العاملين وعلى قابلية النفاذ إلى خدمات الرعاية. وتحديداً، أتاحت البرمجية تخصيص ساعة إضافية كانت تُستعمل للعناية بالمريض. وكانت الممرضات قادرات على زيادة عدد الزيارات المنزلية بالإضافة إلى تكريس زمن أطول للمرضى بدلاً من تكريسه للأعمال الورقية.

يبدو أنّ استعمال الاتصالات في الرعاية الصحية متزايدٌ. ويبقى السؤال المهم، ما هو الأثر الكلي لوسائط الطب من بُعد التقليدية والتجهيزات البازغة مثل الهواتف النقالة والتجهيزات المحمولة على الجودة والنفاذ والتكلفة؟

مستقبل الصحة الإلكترونية، التبني والتقييم

على مدى نحو عقدين من الزمن أظهر الباحثون في مجال الصحة الإلكترونية (e-health) بأسلوب صريح أن القيمة أو المنافع أو الفوائد المُستشعرة أو الأهمية هي المُحددات الأكثر أهمية لتطبيق أنظمة صحية إلكترونية بنجاح في المجال السريري. ولنحو أكثر من عقدين من الزمن، كانت الممارسة تتجاهل هذه الاكتشافات العلمية وتستمر في تقديم برمجيات معيارية في إطار طبي فردي معقد مع العديد من الإحباطات كنتيجة. كيف يمكننا أن نخترق هذا الحائط المسدود؟ يعتقد العديد من الباحثين أن إدارة سيرورة الأعمال (Business Process Management) سوف تساعد في نشر أنظمة المعلومات في الرعاية الصحية. نعتقد أنّ هذه ستكون الحالة فقط عندما توفر الصحة الإلكترونية قيمة مقودة من وُجهة النظر الفردية لمحترفي الرعاية الصحية. يقدّم العديد من تطبيقات الصحة الإلكترونية الفاعلية فقط بصفتها الفائدة الخالصة وغالباً ما تُقدّم هذه الفاعلية على الجانب الخطأ من المؤسسة. لذلك، من المهم تحديد هوية أصحاب المصلحة ومعرفة مَن يكون المستعمل النهائي (المريض في حالة الطب من بُعد) ومَن سيمارس الجهود لتنجيز النظام (انظر الجدول 1).

التحدي الرئيسي على مستوى المجموعات والمؤسسات هو مُكاملة المكتب الخلفي والمكتب الأمامي في الرعاية الصحية. بدلاً من EMR، نحن نتحدث هنا عن ERP، أي تخطيط موارد المؤسسات، في الرعاية الصحية أو عن الأنظمة التي تشمل كامل المؤسسة مجتمعة مع خدمات المعلومات في المكتب الأمامي. تُستعمل مُكاملة تطبيقات المؤسسة استعمالاً واسعاً في الأعمال، ولكنها في خطواتها الأولى في الرعاية الصحية. وهناك تحد آخر على المستوى المؤسساتي هو إدارة النظم السريرية وتفادي أي أخطار مُفاجئة. المُكاملة بوجه عام، ستكون مستقبلاً باستعمال معايير وإنشاء بنيان قابل للتشغيل البيني، مما سيجعل الاضطرابات التي تواجه تنجيزات الصحة الإلكترونية تستقر، ولأنّ للسجلات الطبية الإلكترونية قيمة أبعد من المستعمل النهائي، يجب أن تُنشئ المؤسسة رؤية حول

كيفية إيصال هذا إلى كامل سلسلة الرعاية الصحية ثُم تُعيده إلى المستعمل النهائي. وعلى نطاق أكثر اتساعاً، هناك حاجة إلى بنى تحتية في مجال ICT لردم الفجوة الرقمية.

الجدول (1). تحليل الوصف العام.

المستوى/ التطبيق	**EMR**	**نظم سريرية**	**تطبيقات إدارية**	**طب من بعد**
فردي	فوائد خالصة	سيرورة/ BPM	كفاية	أصحاب المصلحة
مجموعة/ مؤسسة	رؤية مؤسسية	خطر مُفاجئ	مكتب خلفي/ أمامي	بنى ICT تحتية
وطني/ عالمي	قواعد معطيات الرعاية الصحية	معرفة	تقييس	قفزة طويلة إلى الأمام

أصبحت كلمات مثل أنظمة مؤسساتية بينية وتخصيص شامل كلمات مُتداوَلة لها تأثير قوي على عولمة الصحة الإلكترونية. يُرى الطب من بُعد وكأنه سلاح لردم الفجوة الرقمية في الرعاية الصحية ويُعد قفزة كبيرة نحو الأمام. يبدو أنّ أنظمة عالمية مثل (Google Health ©) تفتح السوق، ولكن لا يزال بإمكان المخاطر على المستوى الاحترافي الفردي أن تُثبِّط انتشار هذه الأنظمة. في النهاية، يجب أن تتطوّر هذه النظم إلى نظم إدارة للمعرفة يمكنها رفع الرعاية الصحية على المستوى العالمي، وعلى النطاق العالمي يجب أن يسير التقييس ونشر المعرفة يداً بيد لحل مشاكل الرعاية الصحية.

استنتاجات ومناقشة

هذا الاستعراض الشامل لأوراق مؤتمر (HICSS) تؤكّد فهمنا أن قرارات التبني معقدّة بسبب تعدّد التقانات، وأصحاب المصلحة، ومستويات التحليل الممكنة عند إدخال التقانة في إطار الرعاية الصحية. تشتمل الأبحاث المُستعرَضة هنا على تقانات مختلفة مثل الطب من بُعد، والرعاية المنزلية من بُعد، والأنظمة الواسعة على مستوى المؤسسات التي

تضم (RIS/PACS) و(EMR)، والبنى التحتية، وتقييم المقدرات. تتعرّض الأبحاث في هذا المجال للتنجيز، ولنوايا التبني والاستعمال، والثقافة، والأداء والتدخلات والمنهجيات. وجرى عرض مستويات التحليل الفردية، والمؤسساتية والوطنية والعالمية.

تتمحور العديد من الدراسات حول المستوى الفردي وتركّز على التبني أكثر من تركيزها على التنجيز. ومع أنّ الفائدة المُستشعرة والأداء المتوقع في جميع الدراسات الكمية ترتبط ارتباطاً ملموساً بنجاح "الصحة الإلكترونية"، وتكتب العديد من الدراسات الكيفية عن القيم، والفوائد، والأهمية بالنسبة إلى المحترفين، فإنّ مسألة "القيمة" تبقى ضعيفة التطوّر في الرعاية الصحية. وأكثر من ذلك، حتى ولو كانت قيمة "الصحة الإلكترونية" واضحة، فهناك صعوبة كبيرة في تطبيق هذه الأنظمة بسبب نقص المشاركة والموارد. إنّ المخاطر على مستوى المجموعات والمؤسسات وعلى المستويين الوطني والدولي كبيرة بسبب وجود العديد من أصحاب المصالح الذين لهم العديد من الاهتمامات المختلفة.

في السنوات الأخيرة، أصبح المستوى الدولي وتحديداً الفجوة الرقمية موضوعاً في تقييم الصحة الإلكترونية. سيكون نقل المعرفة عبر الفجوة الرقمية موضوعاً مهماً في التقويم العالمي، وكذلك يمكن للمقارنات بين البلدان أن تزيد من قوة المبادرات الوطنية عند النظر في الفروقات الثقافية.

تُظهر النتائج العديدَ من المنهجيات التي تتراوح من الدراسات النفسية الكمية إلى دراسات الحالة الديموغرافية النوعية إلى علم التصميم. يشدد تباعد واتساع طرائق البحث على تعقيد هذا السياق وعلى الحاجة إلى العديد من الدراسات والطرائق للحصول على الفهم المطلوب. ومع أنّ إطار كل دراسة بمفردها محدودٌ، تدعو مجموعة الدراسات الباحثين لتأمّل منهجيات مختلطة. يُثبت وجود القطع المتعلّقة بعلم التصميم أنّ الأدوات والتقنيات وأطر العمل تعترف بالحاجة لأسلوب مُخطّط ومنظّم لمُقاربة تحديات التطبيق والتقييم في الممارسة.

إلى جانب العديد من الرسائل التي نوقشت سابقاً، يجب أن يُفسّر القراء هذه الورقة بصفتها دعوة ترحيب بالعديد من الفرص المُتاحة في أبحاث الصحة الإلكترونية. يجب أن يكون المدى الواسع في المُقاربات البحثية ومستويات التحليل جذّاباً لمجموعة كبيرة من الباحثين، ونحن نعمل نحو تحسين تبني وتقييم تقانة المعلومات وفوائدها المحتملة على تحسين الرعاية الصحية المجتمعية.

شكر

نريد أن نتقدم بالشكر إلى جميع الكتاب والمراجعين لمساهمتهم في نجاح المسار الصُّغري في مؤتمر هاواي الدولي حول علم النظم ونتوقّع فرصة العمل معهم في المستقبل. وبوجه خاص نشكر (Ton Spil) و(Cindy LeRouge) على عملهما على نسخة مبكّرة من هذا الفصل.

المراجع

Ajzen, I., and Madden, T. J. (1986). The prediction of goal directed behavior: Attitudes, intentions and perceived behavioral control. *Journal of Experimental Psychology*, 22, 453–474. doi:10.1016/0022-1031(86)90045-4

Avgar, A., Hitt, L. M., and Tambe, P. (2010). The effects of organizational factors on healthcare IT adoption costs: Evidence from New York nursing homes. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Ayal, M., and Seidmann, A. (2009). On the economic role of RIS/PACs in healthcare: An empirical study. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Bhattacherjee, A., and Hikmet, N. (2007). Physicians'resistance toward healthcare Information Technologies: A dual-factor model. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Blinn, N., Kühne, M., and Nüttgens, M. (2010). Are public and private health insurance companies going Web 2.0? A complete inventory count in Germany. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Brown, H. G., Deng, L., Poole, M. S., and Forducey, P. (2005). Towards a sociability theory of computer anxiety: An interpersonal circumplex perspective. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Burley, L., Scheepers, H., and Owen, L. (2008). The internal value of mobile computing in emergency medical services: An Australian case study. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Chen, Y., and Atwood, M. E. (2010). Challenges of mobile clinical system design: What do nurses think? *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii

Chiasson, M., Reddy, M., Kaplan, B., and Davidson, E. (2007). Expanding multi-disciplinary approaches to healthcare Information Technologies: What does Information Systems offer medical informatics. *International Journal of Medical Informatics*, 76(S), 89-96.

Chismar, W. G., and Wiley-Patton, S. (2003). Does the extended technology acceptance model apply to physicians? *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Cho, S., Mathiassen, L., and Gallivan, M. (2008). From adoption to diffusion of a tele-health innovation. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of Information Technology. *Management Information Systems Quarterly*, 13(3), 319–340. doi:10.2307/249008

Delone, W. H., and Mclean, E. R. (2002). Information Systems success revisited. *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Dhillon, H., and Forducey, P. G. (2006). Implementation and evaluation of Information Technology in telemedicine. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii

Efthimiadis, E. N., Hammond, K. W., Laundry, R., and Thielke, S. M. (2010). Developing an EMR simulator to assess users' perception of document quality. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii

Fitch, C. J. (2004). Information Systems in healthcare: Mind the gap. *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Science*, Hawaii.

Fitterer, R., Mettler, T., Rohner, P., and Winter, R. (2010). A taxonomy for multi-perspective ex ante evaluation of the value of complementary health Information Systems – Applying the unified theory of acceptance and use of technology. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii

Fruhling, A., Tyser, K., and De Vreede, G.-J. (2005). Experiences with extreme programming in tele-health: Developing and implementing a biosecurity healthcare application. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Fruhling, A. L. (2010). E-health rural consumers' characteristics and challenges. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Gagnon, M.-P., Lamothe, L., Fortin, J.-P., Cloutier, A., Godin, G., Gagné, C., and Reinharz, D. (2004). The impact of organizational characteristics on tele-health adoption by hospitals. *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Goh, J. M., and Agarwal, R. (2008). Taking charge of your health: The drivers of enrollment and continued participation in online health intervention programs. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Harle, C., Downs, J., and Padman, R. (2009). Design, implementation, and preliminary evaluation of a Web-based health risk calculator. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Hartswood, M., Procter, R., Slack, R., Voß, A., Büscher, M., Rouncefield, M., and Rouchy, P. (2002). Co-realisation: Towards a principled synthesis of ethnomethodology and participatory design. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 14(2), 19–30.

Hevner, A., March, S., Park, J., and Ram, S. (2004). Design science in Information Systems research. *Management Information Systems Quarterly*, 28(1), 75–105.

Horan, T. A., Tulu, B., Hilton, B., and Burton, J. (2004). Use of online systems in clinical medical assessments: An analysis of physician acceptance of online disability evaluation systems. *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Hu, P. J., Liu Sheng, P. Y. K., and Tam, K. Y. (1999). Examining the technology acceptance model using physician acceptance of telemedicine technology. *Journal of Management Information Systems*, 16(2), 91–112.

Ilie, V., Courtney, J., and Van Slyke, C. (2007). Paper versus electronic: Challenges associated with physicians' usage of electronic medical records. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Jaana, M., Paré, G., and Sicotte, C. (2009). IT capacities assessment tool: A survey of hospitals in Canada. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Khoumbati, K., Themistocleous, M., and Irani, Z. (2005). Integration technology adoption in healthcare organisations: A case for enterprise application integration. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Kifle, M., Mbarika, V. W. A., Tsuma, C., Wilkerson, D., and Tan, J. (2008). A telemedicine transfer model for Sub-Saharan Africa. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Kijl, B., and Nieuwenhuis, B. (2010). Deploying a tele-rehabilitation service innovation: An early stage business model engineering approach. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Kiura, S. M. (2006). Project establishment in the context of participatory design: Experience from a hospital Information System development project in

a developing country. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Laforge, R. (1977). Interpersonal check list (ICL). In Pfeiffer, J. J. J. (Ed.), *The annual handbook for group facilitators* (pp. 89–96). La Jolla, CA: University Associates Publishers.

Lahiri, L., and Seidmann, A. (2010). The hang-over effect in information-intensive service systems. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Lapointe, L., Lamothe, L., and Fortin, J.-P. (2002). The dynamics of IT adoption in a major change process in healthcare delivery. *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Leavitt, H. J. (1965). Applied organisational change in industry: Structural technological and humanistic approaches. In March, J. G. (Ed.), *Handbook of organizations* (pp. 1144–1170). Chicago, IL: Rand-McNally.

Lerouge, C., and Hevner, A. R. (2005). It's more than just use: An investigation of telemedicine use quality. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Maass, M., and Eriksson, O. (2006). Challenges in the adoption of medical Information Systems. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Maass, M. C., and Suomi, R. (2004). Adoptionrelated aspects of an Information System in a healthcare setting. *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Mackinnon, W., and Wasserman, M. (2009). Integrated electronic medical record systems: Critical success factors for implementation. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Mantzana, V., and Themistocleous, M. (2006). A method for the identification of actors involved in the adoption of innovations in healthcare organizations. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

March, S., and Smith, G. (1995). Design and natural science research on Information Technology. *Decision Support Systems*, 15, 251–266. doi:10.1016/0167-9236(94)00041-2

Mavlanova, T., and Benbunan-Fich, R. (2010). What does your online pharmacy signal? A comparative analysis of website trust features. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Mcleod, A. J., and Clark, J. G. (2007). Identifying the user in healthcare Information Systems research. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Meso, P., Mbarika, V., Kifle, M., Okoli, C., and Nwabueze, S. (2009). The effects of culture of adoption of telemedicine in medically underserved communities. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Padmanabhan, N., Burstein, F., Churilov, L., Wassertheil, J., Hornblower, B., and Parker, N. (2006). A mobile emergency triage decision support system evaluation. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Paré, G., Jaana, M., and Girouard, D. (2008). Prioritizing clinical Information System project risk factors: A Delphi study. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Paré, G., Sicotte, C., Chekli, M., Jaana, M., and Blois, C. D. (2009). Evaluation of the impacts of a provider-focused tele-homecare intervention: A pre-post study. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Perry, I. F. (2007). Process, knowledge, touchpoints in mental health communities of practice. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Raitoharju, R. (2005). When acceptance is not enough - Taking TAM-model into healthcare. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Reardon, J. L., and Davidson, E. (2007). How do doctors perceive the organizing vision for electronic medical records? Preliminary findings from a

study of EMR adoption in independent physician practices. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Roberts, L., Ward, M., Brokel, J., Wakefield, D., Crandall, D., and Conlo, P. (2009). Methodological approaches to measuring the effects of implementation of health Information Technology (Hit). *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Rogers, E. M. (1995). *Diffusions of innovations*. New York, NY: The Free Press.

Ryan, J., Doster, B., Daily, S., and Heslin, M. (2008). Soft innovation as data-driven process improvement exploited via integrated hospital Information Systems. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Schaper, L. K., and Pervan, G. P. (2007). An investigation of factors affecting technology acceptance and use decisions by Australian allied health therapists. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Schmidt, R. (1997). Managing Delphi surveys using nonparametric statistical techniques. *Decision Sciences*, 28(3), 763–774. doi:10.1111/j.1540-5915.1997.tb01330.x

Schuring, R. W., and Spil, T. A. M. (2002). Explaining plateaued diffusion by combining the user-IT-success factors and adopter categories: The case of electronic prescription systems for general practitioners. *International Journal of Healthcare Technology and Management*, 4, 303–318. doi:10.1504/IJHTM.2002.001145

Sherlock, S., and Chismar, W. G. (2006). What airline reservation systems tell us about the future of EHRs. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Sibona, C., Brickey, J., Walczak, S., and Parthasarathy, M. (2010). Patient perceptions of electronic medical records. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Sood, S. P., Nwabueze, S. N., Mbarika, V. W. A., Prakash, N., Chatterjee, S., Ray, P., and Mishra, S. (2008). Soft innovation as data-driven process improvement exploited via integrated hospital Information Systems.

Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences, Hawaii.

Spaulding, T. J., Furukawa, M. F., and Raghu, T. S. (2010). Performance impacts of medication management systems: Process matters. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Svendsen, G. B., Søholt, Y., Munch-Ellingsen, A., Gammon, D., and Schurmann, A. (2009). The importance of being useful and fun: Factors influencing intention to use a mobile system motivating for physical activity. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Thatcher, J. B., and Perrewe, P. L. (2002). An empirical examination of individual traits as antecedents to computer anxiety and computer self-efficacy. *Management Information Systems Quarterly*, 381–391. doi:10.2307/4132314

Topacan, U., Basoglu, N., and Daim, T. (2009). Health information service adoption: Case of telemedicine. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Trimmer, K., Beachboard, J., Wiggins, C., and Woodhouse, W. (2008). Electronic medical records use – An examination of resident physician intentions. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D. (2003). User acceptance of Information Technology: Toward a unified view. *Management Information Systems Quarterly*, 27(3), 425–478.

Wiggins, C., Pumphrey, L., Beachboard, J., and Trimmer, K. (2006). Entrepreneurial governance in a rural family practice residency program. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Wiggins, C., Trimmer, K., Beachboard, J., Woodhouse, W., and Peterson, T. (2009). Prior experience and physicians' intentions to adopt EMR. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Wikipedia. (2008). *Academic conference*. Retrieved October 1, 2008, from

http://en.wikipedia.org/wiki/Academic_conference

Wilson, J. F. (2009). Making electronic health records meaningful. *Annals of Internal Medicine*, 151, 293–296.

Wood, J., and Silver, D. (1995). *Joint application development* (2nd ed.). New York, NY: John Wiley and Sons.

Wu, J.-H., Wang, S.-C., and Lin, L.-M. (2005). What drives mobile healthcare? An empirical evaluation of technology acceptance. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Yusof, M. M., Paul, R. J., and Stergioulas, L. K. (2006). Towards a framework for health Information Systems evaluation. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

ملاحظة ختامية

[1] لقد خضع هذا المسار الصغري لتغييرات بسيطة في تسميته منذ إطلاقه عام 2002.

الفصل السابع عشر

الإنترنت بصفتها مصدراً للمعلومات الصحية وأثرها المُستَشْعَر في التمكين الشخصي

غي باريه

HEC – مونترريال، كندا

جان نيكولا مالك

HEC – مونتريال، كندا

كلود سيكوت

جامعة مونتريال، كندا

مارك لومير

جامعة مونتريال، كندا

ملخص

للهدف الرئيسي من هذه الدراسة شقان: الأوّل، يسعى المؤلفون لتحديد هوية العوامل التي تؤثر في العموم وتدفعهم لإجراء عمليات بحث عن معلومات صحية على الإنترنت. أمّا نيّتهم الثانية فهي استكشاف أثر هذا الاستعمال للإنترنت في ثلاثة أنواع من التمكين الشخصي. في صيف عام 2007 أجرى المؤلفون استطلاعاً شملَ عينة من الأُسر ضمن

مجتمع من البالغين في كندا. ولقد أعيد 261 استبيان إلى الباحثين. تشير نتائجنا إلى أنّ استعمال شبكة الإنترنت بصفتها مصدراً للمعلومات الصحية يرتبط ارتباطاً مباشراً بثلاثة عوامل رئيسية : الجنس، والعمر، والقدُرة التي يستَشعرها الفرد على فهم المعلومات الطبية المتوافرة على الإنترنت وتفسيرها واستعمالها. إضافة إلى ما سبق تقدم نتائجهم الدعم للمفهوم الذي ينص على أنّ استعمال الإنترنت بحثاً عن معلومات حول قضايا صحية يمثل مُقاربة تشاركية أكثر اعتماداً على الزبائن للرعاية الصحية. هذه الدراسة هي واحدة من أولى الدراسات التي تربط استعمال الإنترنت بالأشكال المتنوعة من التمكين الشخصي. يبدو أنّ لهذا المجال إمكانية تطور كبيرة بصفته أداة يمكن بواسطتها للمستهلكين أن يصبحوا أكثر تمكناً في إدارة مشاكلهم الصحية الشخصية.

مقدمة

لقد أكد عدد من الدراسات الاستعمال المتزايد للإنترنت بحثاً عن معلومات تتعلّق بقضايا صحية شخصية. فمثلاً، لقد قُدّر أنّه من بين 15 مليون كندي كانت لديهم إمكانية النفاذ إلى الإنترنت عام 2005، هناك نسبة 58%، أو 8.7 مليون، ممن استعملوها للبحث عن معلومات صحية أندرهيل وماك أوين (Underhill and McKeown, 2008). قال أكثرية هؤلاء المستعملين إنهم بحثوا عن معلومات حول مرض بسيط أو عن قضايا تتعلق بنمط الحياة مثل التغذية، أوالحمية أو التمارين الرياضية. وبيّنت معطيات أحدث من الولايات المتحدة أنّه في عام 2007، بحث 71% من البالغين عن معلومات صحية على الإنترنت. كانت هذه النسبة عند 61% عام 2006 وعند 53% في عام 2005 (Harris Interactive, 2007).

إنّ الاستعمال المتزايد للإنترنت من قِبل العموم يُحوّل من علاقات الأفراد مع صحتهم. فمن طريق توفير نفاذ واسع إلى المعلومات، والنصائح والخدمات الصحية، يُنظر، على نحو متزايد، إلى الإنترنت بصفتها رافعة قوية للتمكين الشخصي ويلسون (Wilson, 2001). لذلك تستحق هذه الفرص تفحصاً من قُرب. ألقت دراسات متنوعة، في

السنوات الأخيرة، الضوء على الفرص التي توفرها الإنترنت في ما يتعلق بالتمكين الشخصي في المجال الصحي. لقد كانت هذه الدراسات تعتمد على رؤى مختلفة للإنشاء، الذي يُعرّف عموماً بأنه التطوّر في مدى انهماك الفرد في تحمل المسؤولية عن صحته. واستناداً إلى لومير وآخرين (Lemire an dal., 2008) ركّزت الدراسات في هذا الموضوع على أثر استعمال الإنترنت على تطور واحد من ثلاثة أشكال من التمكين الشخصي : التمكين الاحترافي، الذي ركز على عصاميّة الفرد في حالة المقاربات الأكثر اتساقاً مع المعرفة الخبيرة(Fox et al., 2005; Henwood et al., 2003)؛ التمكين الاستهلاكي، الذي ركّز على الخيارات على قاعدة الحكم الشخصي والموارد (Kalichman et al.,2002)؛ والتمكين المجتمعي، الذي ركّز على تحقيق انضمام اجتماعي أفضل إلى فئة أو جماعة (Radin, 2006; Hsiung, 2000; Burrows et al., 2000).

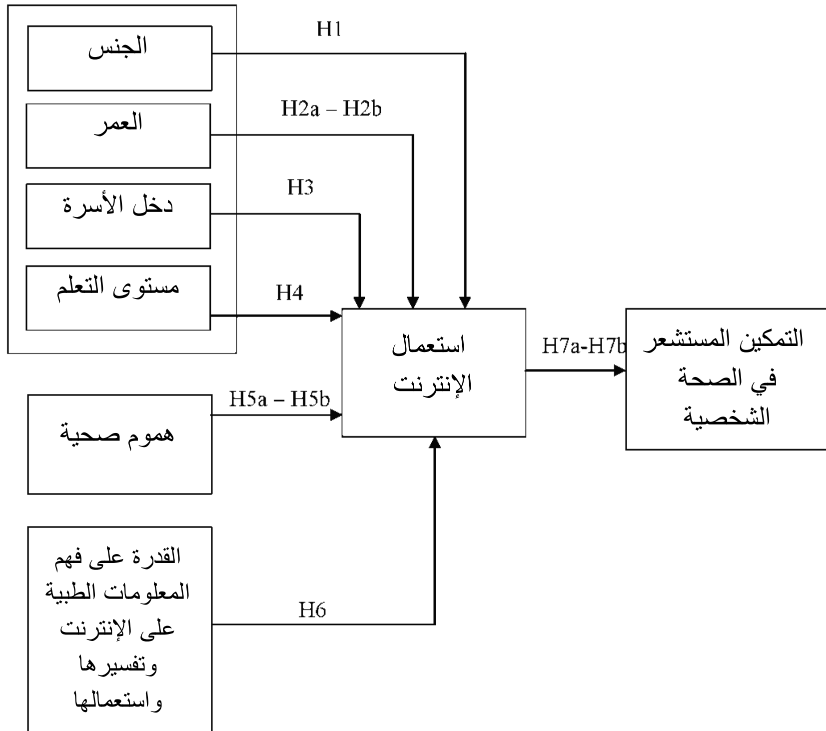
ولكن هناك سببان رئيسيّان يُبيِّنان لماذا لا يمكن تعميم الدراسات السابقة إلاّ تعميماً محدوداً. **أولاً،** جُمعت المعطيات من فئات محدودة جداً. فمثلاً، تكوّنت العينات من أفراد مصابين بمرض خطر (مثل Kalichman et al., 2002; Radin, 2006)، أو يستعملون دواء محدداً بعينه مثل (Henwood et al., 2003)، أو لديهم مصادر قلق صحية متشابهة (مثل Fox et al. 2005)، أو الذين اعتمدوا على موقع الوِيب نفسه بصفته المصدر الرئيسي للمعلومات عن صحتهم مثل (Fox et al., 2005; Radin, 2006; Hsiung, 2000). **ثانياً،** غالباً ما كنت المعطيات تُجمع دون محاولة فهم تطوّر التمكين الشخصي في ما يتعلق بالأبحاث السابقة حول عمليات البحث عن المعلومات على الإنترنت وعن الطبيعة النوعية لكيفية مراجعة المعلومات الصحية على الإنترنت. وفقاً لمعرفتنا، فقد كانت دراسة (Lemire et al., 2008) الدراسة الوحيدة التي تفحصت في آن معاً أشكال التمكين الثلاثة المذكورة آنفاً. إنّ بحثنا هذا هو توسيع لدراستهم، لأنه يحاول توسيع ما تناولته مساهماتهم النظرية والعملية. وتحديداً، بدلاً من تحليل ثلاثة أشكال من تمكين المستعمل على موقع ويب واحد، سوف نتفحص الآراء ووجهات النظر التي عبّر عنها أفراد عينة من العموم. بكلمات أخرى، بهدف إزاحة نقاط القصور التي ذكرناها

سابقاً، سعت هذه الدراسة إلى تحديد هوية العوامل التي تؤثر في العامّة فتجعلهم يُجرون عمليات بحث على الإنترنت عن معلومات صحية، ولاستكشاف تأثير استعمال الإنترنت في ثلاثة أنواع من التمكين الشخصي.

نموذج البحث

يربط نموذج البحث المعروض في الشكل (1) الأبحاث السابقة عن استعمال الإنترنت، بصفتها مصدراً للمعلومات الصحية، بتأثيرها على التمكين أو التمكين الذاتي للأفراد في كيفية إدارة قضاياهم الصحية الشخصية.

الشكل (1). نموذج بحثي.



الأبحاث السابقة حول استعمال الإنترنت مصدراً للمعلومات الصحية

لقد أظهرت الدراسات السابقة أنّ بعض العوامل الديموغرافية تؤثر في تحديد ما إذا كان مُستعمِلٌ للإنترنت يُجري عمليات بحث عن معلومات صحية أو لا يفعل. استناداً إلى استطلاع أجرته مؤسسة "إحصاء كندا" (Statistics Canada)، من بين مُستعملي الإنترنت، فإنّ عددُ الذين لديهم اهتمامات بمسائل صحية من النساء يساوي ضعفي عدد أقرانهم من الذكور (Underhill and McKeon, 2008). إنّه لمن المُثبَّت الآن أنّه من المعقول أن تكون النسوة أكثر انهماكاً في سيرورة اتخاذ القرار في الأمور المتعلقة بصحتهن الشخصية (Barrett et al., 2003; Nease and Brooks, 1995)، وهنّ، من ثَمّ، أكثر ميلاً من الرجال إلى الالتفات إلى الإنترنت بحثاً عن معلومات صحية. (Pew Internet and American Life Report, 2006; Rice, 2006; Nicholas et al., 2003; Cotton and Gupta, 2004). يمكن شرح ذلك بالدور التقليدي الذي تؤديه المرأة في الأسرة، الذي يُعبّر عنه بالشعور بالمسؤولية عن صحة جميع أفراد الأسرة (Hiddard et al.,1999; Dolan et al., 2004). تبدو هذه النتيجة متّسقة مع حقيقة أنّ الرجال أكثر تحفظاً من النساء عند استشارة محترف صحي ولا يسعون وراء مساعدة احترافيّة إلاّ عند الحاجة (Broom, 2005). واستناداً إلى (Pandey et al., 2003)، تستعمل النسوة الإنترنت أكثر بهدف الوقاية من الأمراض وتعزيز الصحة. لذلك توصلنا إلى الفرضية التالية:

الفرضية 1: تستعمل النساء الإنترنت أكثر من الرجال بحثاً عن معلومات صحية، ولأغراض الوقاية على نحو رئيسي.

العمر هو عامل آخر مُقدّم في الأدبيات بصفته عاملاً سابقاً للانتماء إلى فئة المستعملين المهتمين بالصحة. وبعكس النتائج المتعلقة بالجنس، الاكتشافات المتعلقة بالعمر متناقضة. وجدت عدة دراسات ارتباطاً سلبياً بين العمر واستعمال الإنترنت مصدراً للمعلومات الصحية كوتون و غوبتا و باندي وآخرون (Cotton and Gupta, 2004;

Pandey et al., 2003; Anderson, 2004; Licciardone et al., 2001; Laurence and Park, 2006). ومن جهة أخرى وجد نيكولاس وآخرون (Nicholas et al., 2003) ارتباطاً إيجابياً بين العمر واستعمال الإنترنت، في حين لم يجد باحثون آخرون علاقة ملموسة بين تكرار استعمال الإنترنت لأغراض صحية وعمر المستعمل مثل (Underhill and McKeown, 2008; Lemire et al., 2008).

كشفت دراسة حديثة من (Statistics Canada) (Underhill and McKeown, 2008) أنّ نوع أو طبيعة المعلومات التي يبحثها مستعملو الإنترنت هو الذي يتنوع تبعاً للفئات العمريّة. لقد وجدت دراستهم أن نسبة أعلى من الأفراد في الفئة العمرية 18-44 كانت تبحث عن معلومات حول نمط الحياة ونظام الرعاية الصحية (لأغراض الوقاية)، فيما هناك نسبة أعلى من السابقة من الأفراد الذين تزيد أعمارهم عن 45 كانوا يبحثون عن معلومات حول أمراض بعينها وأدوية (لأسباب استشفائية). استناداً إلى هذه النتائج صغنا الفرضيات التالية:

الفرضية a2: يرتبط العمر إيجابياً بتكرار استعمال الإنترنت لأغراض استشفائية.

الفرضية b2: يرتبط العمر سلبياً بتكرار استعمال الإنترنت لأغراض وقائية.

في دراسة حديثة، برهن ريديك (Reddick, 2006) أنّه من بين الأسر التي لديها إمكانية النفاذ إلى الإنترنت في المنزل، كانت بوجه عام تلك التي لديها دخل سنوي أقل من 75000 دولار هي أقل رجوعاً إلى الإنترنت لأجل المعلومات الصحية من تلك التي كان دخلها أعلى من 75000 دولار. لقد جرى تأكيد هذه النتائج في استعراض للأدبيات ريناهي و شوفن (Renahy and Chauvin, 2006) وبمعطيات حديثة من (UnderHill and McKeown,2008) (Statistics Canada). تُشير المعطيات إلى أنّه لدى مستعملي الإنترنت الذين يسعون إلى معلومات صحية مستويات دخل أعلى من أولئك الذين لا يفعلون ذلك.

الفرضية 3: يرتبط دخل الأسرة إيجابياً باستعمال الإنترنت للبحث عن معلومات صحية.

يُعتبر مستوى التعليم أيضاً عاملاً إيجابياً مرتبطاً باستعمال الإنترنت للبحث عن معلومات لمنافع شخصية. بيّنت الدراسات أنّ مستعملي الإنترنت المهتمين بقضايا صحية هم أكثر تعلّماً من بقية المستعملين، مثل (Cotton and Gupta, 2004; Reddick, 2006; Renahy and Chauvin, 2006). لذلك يبدو أنّ التعليم هو واحد من عوامل التنبؤ الرئيسية باستعمال الإنترنت في البحث عن المعلومات الصحية.

الفرضية 4: يرتبط مستوى التعلّم إيجابياً بتكرار عمليات البحث على الإنترنت عن معلومات صحية.

بالإضافة إلى العوامل الديموغرافية الاجتماعية الأربعة التي عُرضت أعلاه، قد يبدو أنّ لقلق الفرد حول حالته الصحية تأثيراً في رغبته باستعمال الإنترنت للحصول على معلومات صحية. بيّنت عدة دراسات أنّ الأفراد المصابين بمرض أو المعاقين أو الذين يعتبرون أنفسهم بصحة ضعيفة يبحثون بتكرار أكبر عن معلومات صحية على الإنترنت (مثل Rice, 2006; Goldner, 2006; Baker et al., 2003). وجدت دراسة حديثة أيضاً أنّ 86% من مستعملي الإنترنت المصابين بأمراض مزمنة يبحثون عن معلومات صحية على الإنترنت على نحو منتظم، وذلك بالمقارنة مع نسبة 79% من أولئك الذين لا يُعانون من أمراض خطيرة (Pew Internet and American Life Report, 2007). ومن ناحية أخرى، وجد كوتون وغوبتا (Cotton and Gupta, 2004) أن الأفراد الذين يبحثون بفاعلية على الإنترنت عن معلومات صحية يعتبرون أنفسهم بصحة أفضل من أولئك الذين لا يفعلون ذلك. وبسبب الحصول على نتائج متناقضة ونظراً إلى أنّ ارتباط العمر ارتباطاً وثيقاً بالقلق على الصحة الشخصية، فقد وضعنا الفرضيتين التاليتين:

الفرضية a5: الاستعمال المتكرر للإنترنت لأغراض استشفائية مرتبط إيجابياً بمستوى القلق على الصحة الشخصية.

الفرضية b5: الاستعمال المتكرر للإنترنت لأغراض وقائية مرتبط سلبياً بمستوى القلق على الصحة الشخصية.

وأخيراً، في دراسة طلبتها مؤسسة (Euro HealthNet) – وهي الشبكة الأوربية للصحة العامة، وتعزيز الرعاية الصحية والوقاية من الأمراض – فحص كريستمان (Christmann, 2005) قدرة الأفراد على فهم المعلومات الصحية فهماً صحيحاً وتفسيرها واستعمالها. في مقالة حديثة، رفع نورمان وشينير (Norman and Shinner, 2006) الفكرة نفسها، مشيرَيْن إلى أنّ المعلومات الصحية المتوفرة على الإنترنت لا تُراجَع بشكل واسع بسبب نقص معرفة المستعملين أو مهارتهم في الشؤون الطبية. أشارت المقالتان إلى قضية المعرفة في الصحة الإلكترونية. وعلى أساس هذا العمل، فقد وضعنا الفرضية التالية:

الفرضية 6: يتأثر استعمال شبكة الإنترنت بصفتها مصدراً للمعلومات عن الصحة تأثّراً إيجابياً بقدرة الفرد على فهم المعلومات الصحية المتوافرة على الخط وتفسيرها واستعمالها استعمالاً صحيحاً.

تأثير استعمال الإنترنت في التمكين المُستَشعَر في المجال الصحي

يشتمل استعمال الإنترنت لأغراض صحية على أهداف أو محفّزات متنوعة؛ ويمكن لتحديد هويتها أن يلقي الضوء على علاقتها بمفهوم التمكين في الصحة الشخصية. استناداً إلى لومير وآخرين (Lemire et al., 2008)، يمكن أن يُربط، ما يُحفّز مستعملي الإنترنت ويدفعهم للبحث عن معلومات صحية، من قُرب بما يستشعرونه من تمكين شخصي ناتج. وتحديداً، وجد المؤلفون أنّ الأفراد الذين يعتقدون أنّ باستطاعتهم اتباع الوصفات، تبعاً للنموذج الطبي، استعملوا الإنترنت أساساً لتحقيق فهم أفضل لمشكلة أو مرض، في حين كان أولئك، الذين اعتمدوا أكثر على قدرتهم على صنع خياراتهم الشخصية، يبحثون عن وجهات نظر بديلة عن تلك المقترنة بالطب التقليدي. ومجدداً،

تِبعاً لهؤلاء المؤلفين، وُجِدَ أنّ عمليات البحث على الإنترنت عن المعلومات على أساس المحفزات الاجتماعية (مثل المشاركة في منتديات على الإنترنت أو مساعدة قريب مريض) تقترن من قُرب بالمنطق المجتمعي للتمكين الذي وُصِفَ أعلاه. لذلك وضعنا الفرضيات التالية:

الفرضية a7: الاستعمال المتكرر للإنترنت لأغراض استشفائية يُشجّع تطوّر منطق احترافي للتمكين في الصحة الشخصية.

الفرضية b7: الاستعمال المتكرر للإنترنت لأغراض وقائية يُشجّع تطوّر منطق استهلاكي للتمكين في الصحة الشخصية.

الفرضية c7 : الاستعمال المتكرر للإنترنت لأغراض مجتمعية أو اجتماعية يُشجّع تطوّر منطق مجتمعي للتمكين في الصحة الشخصية.

الطرائق

بتطبيق مُقاربة منهجية اقترحها داستوس (d'Astous, 2005)، أجرينا في صيف 2007 استطلاعاً على عيّنة من الأسر باستعمال استبيان موجه إلى مجموعة من البالغين الكنديين. تشبه هذه الطريقة إلى حدّ بعيد استطلاعاً بواسطة البريد، الفرق فقط هو أنّ الاستبيان كان يُجرى في منزل المستجيب. أحد الباحثين كان يترك أوراق الاستبيان مع الأفراد الراغبين بالمشاركة ثُم يجمعها لاحقاً عند الانتهاء من ملئها. في ما يتعلق بعملية أخذ العيّنة، كان لهذه الطريقة أربع مزايا: لم تكن هناك حاجة لامتلاك قائمة من عناوين الأفراد المُستهدفين؛ يمكن إجراء اختيار عشوائي فاعل باستعمال مُصوَّر للمدينة واستهداف شوارع أو أحياء سكنية تبعاً لحاجة الدراسة؛ للاتصال الشخصي المباشر مع المستجيبين أثر إيجابي على معدّل الاستجابة؛ جودة المعطيات هي عموماً أفضل من حالة الاستطلاعات البريدية؛ وإجرائية اختيار المنازل مرنة نسبياً وتوافق حاجات الدراسة.

أجريت الدراسة في مونتريال في كندا، التي هي ثانية كبرى مدن العالم الناطقة بالفرنسية، وذلك على أساس عدد السكان الذين لغتهم الأم هي الفرنسية. والمدينة هي أيضاً ثانية كبرى مدن كندا، وبين المدن الناطقة بالفرنسية في أميركا الشمالية. جرى تحديد مُقاطعات لتوزيع الاستبيان من طريق مراجعة بوابة الإنترنت للخدمات البلدية لمدينة مونتريال[1]. سمح لنا هذا بتحديد مقاطعتين ناطقتين أساساً بالفرنسية وفيهما نمطان ديموغرافيان اجتماعيان مختلفان: أوترمونت (Outremont) ومونتريال نورث (Montreal North). مثّلت أوترمونت المقاطعة التي فيها النسبة الأعلى من الأشخاص الحاملين شهادة جامعية، والتي لأسرها أعلى متوسط دخل. وبالمقابل، أعطت منطقة مونتريال نورث أقل نسبة من الأفراد الحاملين شهادة جامعية، وواحدة من المناطق التي لأسرها أخفض متوسط دخل.

استُعْمِلتْ خوارزمية انتقاء عشوائي لتحديد أيّ الشوارع ستُزار في كلّ مقاطعة. ولتجنّب أي انحياز، حذفنا الشوارع المجاورة لإحدى جامعات المقاطعة الأربع. لهذه الأحياء عادة عدد كبير من القاطنين الطلاب أي من سكان شباب ذوي دخل منخفض ومستويات عالية من التعليم.

تطلبت الطبيعة النوعية لمنهجيتنا تفسيراً خاصاً لمعدّل الاستجابة. يجب إجراء تمييز واضح بين معدّل التواصل، ومعدّل القبول ومعدّل الاستجابة (d'Astous, 2005). يُشير معدّل التواصل إلى نسبة المنازل التي جرت زيارتها وحصل تواصل مع أحد قاطنيها؛ أما معدّل القبول فيشير إلى نسبة الأفراد الذين جرى التواصل معهم ووافقوا على المشاركة في الدراسة؛ وأخيراً يوفّر معدّل الاستجابة نسبة عدد الأفراد الذين وافقوا على المشاركة بالدراسة وأعادوا الاستبيان. كما هو مبيّن في الجدول (1)، لم يجرِ تحقيق التواصل في أكثر من نصف المنازل التي تمت زيارتها. كان سكان هذه المنازل خارجها (مثلاً، في عطلة، أو في العمل) في اللحظة جرت فيها محاولة اللقاء بهم، أو ببساطة لم يرغب القاطنون بفتح باب المنزل لشخص غير مألوف. من بين هؤلاء القاطنين الذين

جرى التواصل معهم، وافق نحو %60 على المشاركة بالاستطلاع. وبوجه عام كان الرفض ناجماً عن اللامبالاة، أو الخوف من غزو الخصوصية، أو أي عدد من الأسباب. وأخيراً، جرت إعادة 261 استبياناً، بنسبة استجابة قدرها %71. كانت ست من الإجابات الراجعة غير كاملة ووجب حذفها من قاعدة المعطيات، فكان الحجم النهائي للعيّنة 255 استجابة.

الجدول (1). معدلات التواصل والقبول والاستجابة.

	N	**المعدلات**
المنازل التي جرت زيارتها	1439	–
حالات التواصل	619	معدل التواصل %43
الأفراد الموافقين على المشاركة	368	معدل القبول %59
الاستبيانات الراجعة	261	معدل الاستجابة %71
الاستبيانات التامّة	255	–

جعل المتغيرات عملانية

جرى قياس المتغيرات المقترنة بالنمط الديموغرافي الاجتماعي للمستجيب – جنس، عمر، مستوى الدخل، مستوى التعليم – بواسطة بند واحد. وجرى قياس القلق المتعلق بالصحة الشخصية (متغير مستمر) بواسطة بندين مُكيَّفين من عمل (Lemire et al., 2008). من ناحية أخرى، جرى قياس المتغير المقترن مع مفهوم معرفة الصحة الإلكترونية باستعمال سبعة بنود مُقترحة من (Norman) و(Skinner) (Christmann, 2005). وكذلك جرى قياس

ثلاث فئات من التحفيز تقف وراء استعمال الإنترنت لأغراض الصحة (استشفاء، وقاية، ولغرض اجتماعي) بواسطة بندين. وأخيراً، المتغير غير المستقل الموافق لأنواع التمكين الثلاثة فلقد جرى تكييفه من (Lemire et al., 2008). احتاجت بعض البنود إلى إعادة صياغة بهدف مقارنة مستويات التمكين لدى الأفراد المهتمين بالمعلومات الصحية (وهي الجماعة الوحيدة التي اهتمت بها دراسة (Lemire) مع تلك الموافقة لبقية المستعملين. ميّز المقياس بين المهارات والشعور بالتحكّم على أساس الخبرة الاحترافية، تلك التي كانت على أساس الحكم الشخصي، وتلك المتولّدة من التبادلات في زمر الدعم والمناقشة (خمسة بنود لكل منها). يسرد الملحق جميع البنود الواردة في الاستبيان باستثناء تلك المرتبطة بالمتغيرات الديموغرافية الاجتماعية.

ما قبل الاختبار

يحتاج الاستبيان لأن يمرّ بمرحلة ما قبل الاختبار بهدف التأكد من كون البنود المشمولة في الأداة موثوقة. هذه المرحلة السابقة للاختبار أساسية، فكما أوضح كومار (Kumar, 2005)، المستجيبون لهذا النوع من الاستبيان الذاتي، عموماً، لا يطلبون توضيحات، ويجيبون تبعاً لما يفهمون من النصوص المعطاة. لذلك يمكن للمقولات الواضحة، المُصاغة جيداً أن تُقلل من الخطر الناتج من التفسير السيّء. جرى اختيار عشرة أفراد لهم أنماط ديموغرافية واجتماعية مختلفة من شبكة اتصالات الباحثين. وأجريت تعديلات طفيفة في بعض البنود، على أساس تعليقاتهم، وعُدّلتْ بعض النصوص لتصبح مقروءة على نحو أفضل.

النتائج

يعرض هذا المقطع وصف المستجيبين الذين شاركوا في هذه الدراسة، ومقاييس القدرات العقلية المستعملة، ونتائج اختبار الفرضيات.

وصف المستجيبين

كما يشير الجدول (2)، شملت عيّنتنا العدد نفسه من النساء والرجال، ولم يكن هناك فرق ملموس بين المقاطعتين في ما يتعلق بهذا المتغير (p=0.353). ولقد وُجد فرق ملموس بين المقاطعتين في ما يتعلق بمتوسط أعمار المستجيبين. بوجه عام، كان المستجيبون من أوترمونت أكبر سناً من المستجيبين من مونتريال نورث. فقد كانت نسبة المستجيبين من مونتريال نورث الذين أعمارهم أصغر أو تساوي 39 عاماً 63%، مقابل 43% في حالة عينة أوترمونت. في أوترمونت، مثّل المستجيبون الذين أعمارهم بين 50 و59 عاماً 21% من العينة، مقابل 7% فقط في حالة مونتريال نورث. بوجود هذه المعطيات الديموغرافية، ليس مُفاجئاً أن يُبدي المستجيبون من أوترمونت قلقاً أكبر حول صحتهم من أولئك في مونتريال نورث. أمّا في ما يتعلّق بمستوى التعلّم، فلقد وُجد أيضاً فرق ملموس بين المقاطعتين.

كان مستوى التعلّم لدى المُستجيبين الذين شاركوا في هذه الدراسة جيّداً نسبياً، فقد أنهى نسبة 63% منهم دراسته الجامعية. ولكن كما كان متوقعاً، كان مستوى التعلم لدى المستجيبين من مونتريال نورث أخفض منه لدى أولئك من أوترمونت. ففي الوقت الذي حمل فيه نسبة 77% من المستجيبين في أوترمونت شهادة جامعية، انخفض المعدّل إلى 57% في مونتريال نورث. وبشأن متوسط دخل الأسرة، وُجد فارق ملموس آخر بين المنطقتين. فكما كان متوقعاً، كان متوسط دخل الأسرة لدى المستجيبين في أوترمونت أعلى منه لدى مونتريال نورث. وأخيراً، كانت نسبة المستجيبين الذين لم يستعملوا أبداً الإنترنت صغيرة جداً وليست مختلفة اختلافاً ملموساً بين المنطقتين.

الجدول (2). مواصفات المستجيبين.

		كامل العينة (n=255)	مقارنات بين المقاطعتين		
			أوترمونت (n=138)	مونتريال نورث (n=117)	t و χ^2
الجنس	رجال	%51	%54	%48	$\chi^2 = 0.9$ $p = .353$
	نساء	%49	%46	%52	
العمر	18 − 29	%31	%25	%40	$\chi^2 = 15.4$ $p = .03$
	30 − 39	%21	%18	%23	
	40 − 49	%19	%22	%15	
	50 − 59	%14	%21	%7	
	60 +	%15	%14	%15	
التعلّم	ثانوي	%15	%14	%18	$\chi^2 = 15.7$ $p = .02$
	تعليم جامعي	%17	%9	%26	
	درجة جامعية أولى	%38	%42	%33	
	درجة جامعية عليا	%30	%35	%42	
متوسط دخل الأسرة	أقل من $10000	%9	%2	%17	$\chi^2 = 63.2$ $p < .002$
	$10000 − $29999	%23	%12	%35	
	$30000 − $49999	%20	%14	%27	
	$50000 − $69999	%20	%27	%11	

	$89999 – $70000	%14	%21	%6	
	$109999 – $90000	%7	%11	%3	
	$110000+	%7	%13	%2	
استعمال	نعم	%87	%90	%85	$\chi^2 = 1.1ns$ $p = .248$
الإنترنت	لا	%13	%10	%15	
هموم حول الصحة (1-10)		7.3	7.4	6.7	$t = 2.0$ $p = .04$

الخواص العقلية النفسية للمقاييس

لقد تفحصنا وثوقية المقاييس المستعملة بالإضافة إلى الشرعية المتقاربة والتمييزية لهذه المقاييس. تشير الوثوقية إلى الدقة والاتساق الداخلي لمقياس. ولقد جرى قياسها باستعمال مُقدّر كرونباخ ألفا ((α) Cronbach alpha) مع عتبة قبول أصغري قدرها 0.7 (Nunnally, 1978). تُحافظ الشرعية المتقاربة على وحدانية بُعد كل متغير (Usunier et al., 2000)، وهي تُبلَغ عادة عندما يبزغ عامل واحد فقط من التحليل العاملي الذي يشمل جميع البنود المقترنة بالإنشاء نفسه. وأخيراً، تتأكّد الشرعية التمييزية لمتغيّر عندما يكون الجذر التربيعي للتباين الذي يشترك فيه مع بنودها أكبر من عوامل الارتباط البينية مع متغيرات النموذج البحثي الأخرى.

قادت نتائج تحليل الوثوقية إلى حذف بندين اثنين من البنود الخمسة عشر المقترنة بالأشكال الثلاثة للتمكين في الصحة الشخصية (البند 2، المقترن بالتمكين الاحترافي، والبند 3 المقترن بالتمكين الاستهلاكي). ولقد كنّا أيضاً مُجبرين على حذف المتغير المتعلق باستعمال الإنترنت لأغراض اجتماعية أو مجتمعية. فلقد أعطى كلا البندين المقترنين بهذا المتغير قيمة كرونباخ ألفا تساوي 0.48، وهو مستوى أخفض بقدر

ملحوظ من عتبة الحد الأدنى المطلوب. لذلك لم يكن بالإمكان اختبار الفرضية c7 من النموذج البحثي. وأخيراً، قادت التحاليل الهادفة إلى اختبار صحة التقارب لكل إنشاء إلى حذف بند ثان مقترن بالشكل الاحترافي للتمكين (البند 5).

يعرض الجدولان (3) و(4) خواص المقاييس العقلية النفسية المقترنة بالمقاييس المستعملة لاختبار فرضيات النموذج، باستثناء المتغيرات الديموغرافية الاجتماعية الأربعة.

اختبار الفرضيات

لضمان اتساق النتائج المقدمة أدناه، جرى حذف المستجيبين الذين أشاروا إلى أنهم لم يستعملوا أبداً الإنترنت لأغراض شخصية، وقد كانت نسبتهم 13%، ما أبقى 222 مستجيباً في العينة.

ولقد تفحصنا، قبل اختبار فرضيات النموذج، الأهمية النسبية للإنترنت بصفتها مصدراً للمعلومات الصحية. لقد طُلب من المستجيبين أن يشيروا إلى تكرار استعمال كل مصدر للمعلومات حول الصحة الشخصية ممثّل في الجدول 5. تؤكّد النتائج اكتشافات الدراسات السابقة(McMullan, 2006; Dumitru et al., 2007; Hesse et al., 2005)، التي تقترح أن المحترفين في المجال الصحي وخصوصاً الأطباء يبقون المصدر المُفضّل للمعلومات في قضايا الصحة الشخصية، وأنّ الإنترنت تمثل مصدراً مُتمّماً للمعلومات، مثل المعلومات من الأصدقاء، والأقرباء والوسائط المطبوعة. تكشف مُعطياتنا أن مستعملي الإنترنت يلتفتون إلى هذا المصدر أساساً لأسباب استشفائية أكثر منها لأسباب وقائية $(t = -11.5; p < .001)$.

ثُمّ استُعمل اختبار-t للتوثّق من تأثير الجنس على الالتفات إلى الإنترنت لقضايا تتعلق بالصحة الشخصية **(H1)**. تقترح النتائج المبينة في الجدول (6) أنّ النساء يُراجعن الإنترنت على نحو أكثر تكراراً من الرجال لأغراض وقائية واستشفائية. ولكن، كان الاختلاف ملموساً في حالة استعمال الإنترنت لأغراض وقائية فقط، ما يدعم الفرضية 1.

الجدول (3). التحليل العاملي ونتائج الوثوقية.

	1	2	3	4	5	6
منطق احترافي -1	.035	.007	.905	.016	.032	.006
منطق احترافي -3	.031	.096	.928	.028	.065	.008
منطق احترافي -4	.099	.054	.804	.035	.026	.027
منطق استهلاكي -1	.243	.733	.038	.092	.087	.008
منطق استهلاكي -2	.265	.773	.096	.183	.168	.230
منطق استهلاكي -4	.123	.764	.054	.058	.055	.142
منطق استهلاكي -5	.178	.749	.098	.102	.142	.004
استعمال وقائي -1	.107	.144	.037	.832	.278	.071
استعمال وقائي -2	.102	.094	.255	.788	.231	.034
استعمال استشفائي -1	.393	.070	.059	.295	.784	.052
استعمال استشفائي -2	.376	.158	.158	.242	.716	.065
معرفة صحة إلكترونية-1	.836	.003	.013	.240	.099	.082
معرفة صحة إلكترونية-2	.821	.292	.116	.011	.019	.085
معرفة صحة إلكترونية-3	.828	.286	.093	.059	.101	.002
معرفة صحة إلكترونية-4	.840	.314	.045	.088	.143	.051
معرفة صحة إلكترونية-5	.848	.120	.029	.274	.211	.105
معرفة صحة إلكترونية-6	.830	.067	.009	.304	.241	.033
معرفة صحة إلكترونية-7	.791	.310	.010	.226	.103	.056
هم صحي شخصي-1	.143	.156	.062	.003	.005	.867
هم صحي شخصي-2	.057	.020	.076	.028	.039	.901
قيمة ذاتية	5.3	2.8	2.7	2.6	2.4	1.7
تباين مُعلّل	36%	14%	13%	12%	8%	4%
تباين تراكمي	36%	50%	63%	75%	83%	87%
كرونباخ ألفا	.95	.81	.87	.80	.89	.87

تحت الفرضية 2، يقترن العمر إيجابياً مع تكرار استعمال الإنترنت لأغراض استشفائية **(H2a)** وسلبياً مع استعمالها لأغراض وقائية **(H2b)**. لاختبار هذه الفرضية، جزّأنا العينة إلى ثلاث فئات عمرية : 18-29 (البالغين الشباب)، 30-49 (البالغين)، وما فوق 50 (البالغين الناضجين). تقترح نتائج تحليل التباين (المقدمة في الجدول 7) أنّ البالغين الشباب يلتفتون إلى الإنترنت على نحو أكثر تكراراً لأغراض وقائية واستشفائية من البالغين في الفئتين الأخريين. وكما في حالة الجنس، كان هذا الفرق ملموساً من الناحية الإحصائية فقط عندما كانت الإنترنت تستعمل لأسباب وقائية. النتائج إذن تدعم فقط الفرضية 2a.

الجدول (4). الإحصاءات الوصفية، وشرعية التمييز.

	الوسطي [1-10]	**الانحراف المعياري**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1. التمكين الاحترافي	8.0	1.8	**.88**					
2. التمكين الاستهلاكي	6.6	1.9	.15 p = .04	**.79**				
3. استعمال الإنترنت لأغراض الوقاية	3.5	2.4	.10 p = .17	.19 p = .004	**.90**			
4. استعمال الإنترنت لأغراض	5.3	2.8	.10 ns p = .15	.25 p < .001	.60 p < .001	**.94**		

الاستشفاء								
5. معرفـــة الصـــــحة الالكترونية	5.9	2.4	.12 $p = .08$	.45 $p < .001$	.32 $p < .001$	.53 $p < .001$	**.87**	
6. القلـــق حـــــول الصـــــحة الشخصية	3.7	2.2	−.15 $p = .03$	−.17 $p = .02$	.02 $p = .817$	−.02 $p = .821$	−.18 $p = .01$	**.91**
النسب بالغامق على القطر توافق الجذر التربيعي المشترك لكل متغير وبنوده الموافقة. النسب المبينة تحت القطر توافق الارتباط بين المتغيرات.								

الجـدول (5). مصـادر المعلومـات عـن قضـايا الصـحة الشخصية.

مصادر المعلومات	**الوســـــطي [1-10]**	**الانحــــراف المعياري**
محترفو المجال الصحي	7.7	2.3
أصدقاء وأقرباء	5.6	2.6
إنترنت	5.0	2.8
مطبوعات (كتب، مجلات)	4.7	2.7
مجموعات الدعم	1.7	1.6

الجدول (6). النتائج المتعلقة بالجنس.

		N	الوسطي	الانحراف المعياري	t	p
تكرار استعمال الإنترنت لأغراض وقائية	نساء	106	3.9	2.4	2.7	.05
	رجال	107	3.1	2.3		
تكرار استعمال الإنترنت لأغراض استشفائية	نساء	106	5.7	2.8	1.9	.07
	رجال	107	4.9	2.8		

تنصّ الفرضية التالية على أنّنا سنجد لمستعملي الإنترنت المهتمين بالقضايا الصحية دخلاً سنوياً أعلى من المستعملين الآخرين **(H3)**. لاختبار هذه الفرضية، جزّأنا عيّنتنا إلى فئتين لهما الحجم نفسه : المستجيبين الذين دخل أسرهم السنوي أقل من 50000 دولار، وأولئك الذين دخل أسرهم السنوي أكثر من 50000 دولار. تشير نتائج اختبار-t، المبينة في الجدول (8)، بوضوح إلى أنّ دخل الأسرة لا يبدو مرتبطاً بتكرار استعمال الإنترنت لقضايا الصحة الشخصية.

الجدول (7). النتائج المتعلقة بالعمر.

		N	الوسطي	الانحــراف المعياري	F	p
تكرار استعمال الإنترنت لأغراض وقائية	18-29	76	3.8	2.5	3.4	.04
	30-49	89	3.2	2.2		
	50+	48	2.8	2.1		
تكرار استعمال الإنترنت لأغراض استشفائية	18-29	76	5.6	2.7	1.7	.18
	30-49	89	5.5	2.8		
	50+	48	4.7	2.9		

الجدول (8). النتائج المتعلقة بمتوسط الدخل السنوي للأسرة.

		N	الوسطي	الانحراف المعياري	t	p
تكرار استعمال الإنترنت لأغراض وقائية	أقل من $50000	119	3.1	2.3	0.3	.76
	أكثر من $50000	114	3.2	2.4		
تكرار استعمال الإنترنت لأغراض استشفائية	أقل من $50000	119	4.6	2.9	0.8	.45
	أكثر من $50000	114	4.9	3.0		

المتغير الرابع المشمول ضمن نموذج بحثنا هو مستوى التعلّم. تنص الفرضية 4 على أنّ مستوى التعلّم سيكون مرتبطاً إيجابياً باستعمال الإنترنت للبحث عن معلومات صحية لأغراض وقائية أو استشفائية. ولاختبار هذه الفرضية، جرت تجزئة المستجيبين إلى فئتين: أولئك الذين يحملون درجة جامعية، وأولئك الذين ليس لديهم مثل هذه الدرجة. وكما هو موضح في الجدول (9)، لا تدعم نتائجنا وجود ارتباط بين مستوى التعلم واستعمال الإنترنت لأغراض الصحة الشخصية.

بالإضافة إلى الصفات الديموغرافية الاجتماعية، جرى ربط متغيرين إضافيين افتراضاً بتكرار استعمال الإنترنت لأغراض صحية: قلق الفرد حول صحته الشخصية **(H5)** وقدرته على فهم المعلومات الطبية المتوفرة وتفسيرها واستعمالها **(H6)**. ولقد استُعمل تحليل الارتباط لاختبار كلا الفرضيتين. وكما يبين الجدول (4)، القدرة على فهم المعلومات الطبية على الإنترنت وتفسيرها واستعمالها مرتبطة إيجابياً باستعمال الإنترنت لأغراض صحية فقط. لقد كان هذا الارتباط أقوى في حالة استعمال الإنترنت لأغراض استشفائية بالمقارنة مع استعمالها لأغراض وقائية. لم تتمكن المعطيات من دعم الفرضية **H5**. استناداً إلى عيّنتنا، لا يبدو أنّه توجد علاقة ملموسة بين مستوى قلق الفرد حول صحته الشخصية وتكرار استعمال الإنترنت لأغراض وقائية أو استشفائية.

الجدول (9). النتائج المتعلقة بمستوى التعلّم.

		N	**الوسطي**	**الانحراف المعياري**	**t**	**p**
تكرار استعمال الإنترنت لأغراض وقائية	درجة جامعية	100	3.5	2.4	0.6	.57
	ثانوية أو معهد	103	3.4	2.5		

تكرار استعمال الإنترنت لأغراض استشفائية	درجة جامعية	100	5.5	2.9	1.1	.28
	ثانوية أو معهد	103	5.4	2.7		

تنص الفرضيتان الأخيرتان إلى أنّ ما يُحفّز مُستعمل الإنترنت للبحث عن المعلومات الصحية على الإنترنت مرتبط من قُرب بأشكال مختلفة من التمكين. أردنا قبل اختبار هذه الفرضيات، التقاط مستوى التمكين الذي يستشعره المستجيبون لاستطلاعنا في ما يتعلّق بصحتهم. يجب أن نتذكّر أن التمكين المتعلق بالمنطق الاحترافي يتضمن سيرورة تمكين ذاتي، يحصل من خلالها الفرد على معرفة خبيرة ويتعلم كيف يستعملها. يتيح لهم هذا لأن يكونوا فاعلين في التعامل مع قضايا الصحة الشخصية. يفترض هذا المنطق أنّ الفرد يصبح عاملاً فاعلاً في الوقاية، والرعاية أو إدارة حالته الصحية أو مرضه، ولكنه مع ذلك يتفق مع الرؤية الإرشادية للنموذج الطبي الحيوي، الذي فيه يكون محترف المهنة الصحية هو الخبير المعترف به. ومن ناحية أخرى، يُنظر إلى التمكين الاستهلاكي، بصفته عرضاً لممارسة حرية الاختيار لدى المرء على أساس الحُكم الشخصي والموارد. يُرى هذا الشكل من التمكين عندما يُطوّر الفرد استقلاليته الشخصية من طريق تحديد الخيارات المُتاحة، والاختيار من بين هذه الخيارات المختلفة وإدارة نتائج هذه الخيارات.

تقترح المعطيات في الجدول (10) أنّ المستجيبين لاستطلاعنا يستشعرون أنّهم طوّروا مهارات، وشعوراً بالسيطرة على صحتهم الشخصية. ولكن، تنتمي هذه المهارات أساساً إلى المنطق الاحترافي، الذي يعني أنّهم يتّسقون مع رؤى المحترفين الصحيين ($t=8.5; p<0.001$).

الجدول (10). مستويات التمكين في الصحة الشخصية.

شكل التمكين	الوسطي [1 إلى 10]	الانحراف المعياري
احترافي	8.0	1.8
استهلاكي	6.6	1.9

في ما يتعلّق بفرضياتنا، يجب أن نتذكّر أنّ عمل لومير وآخرين (Lemire et al., 2008) يكشف أنّ البحث عن المعلومات المقترنة نموذجياً بمحفّزات استشفائية يغذّي تطوّر التمكين بمنظور طبي حيوي، كما يقترح المنطق الاحترافي **(H7a)**، في حين يقع البحث عن معلومات مقترنة نموذجياً بمحفزات وقائيّة تحت المنطق الاستهلاكي **(H7b)**. وما يثير الاهتمام هو أنّ المعطيات دعمت فقط الفرضية **(H7b)**، كما يبين الجدول (11). يبدو أن استعمال محترفي المهن الصحية، لا الإنترنت، هو الذي يرتبط إيجابياً مع التمكين الاحترافي. يرتبط الاستعمال المتكرر للإنترنت بصفتها مصدراً للمعلومات على نحو أكثر قُرباً بالمُقاربة التي تهدف إلى اتخاذ قرارات على دراية على أساس الحُكم الشخصي أي المنطق الاستهلاكي.

الجدول(11). العلاقة بين استعمال الإنترنت وأشكال التمكين.

	N	التمكين الاحترافي	التمكين الاستهلاكي
تكرار استعمال الإنترنت لأغراض وقائية	217	.10 $p < .16$	.19 $p < .006$
تكرار استعمال الإنترنت لأغراض استشفائية	211	.10 $p < .15$	.25 $p < .001$
تكرار استعمال محترفي المهن الصحية	220	.48 $p < .001$	.10 $p < .15$

المناقشة

تدعم نتائجنا فكرة أنّ شبكة الإنترنت تمثل مصدراً مُكمّلاً للمعلومات وأن محترفي المهن الصحية (وخصوصاً الأطباء) يبقون وإلى حدٍّ بعيد المصدر الرئيسي للمعلومات التي يستعملها الأفراد في شؤون الصحة الشخصية.

وفي ما يخص اختبار فرضياتنا، فلقد أكدت دراستنا نتائج الأبحاث السابقة التي وجدت أنّ النساء أكثر ميلاً من الرجال للبحث عن معلومات صحية على الإنترنت. وكما فعل باندي وآخرون (Pandey et al., 2003)، فقد لاحظنا أنّ النساء يستعملن الإنترنت على نحو أكثر تكراراً، وخصوصاً لمراجعة المعلومات الطبية لأغراض وقائية. وكما ذكرنا سابقاً، قد يكون أحد التفسيرات لهذه الظاهرة متمثلاً بالدور التقليدي للنساء، اللاتي يشعرن بالمسؤولية عن صحة وسلامة بقية أفراد الأسرة.

تُناقض نتائجُنا نتائجَ (Cotton and Gupta, 2004)، مما يوحي بأن البالغين الشباب يمثلون الزمرة الأكثر استعمالاً للإنترنت بصفتها مصدر المعلومات للأغراض الوقائية. وبعكس ما كنا نتوقع، يبدو أن مستعملي الإنترنت الأكبر سناً لا يرجعون إليها لأغراض استشفائية على نحو أكثر تكراراً من البالغين الشباب. قد يكون هناك عدّة تفسيرات لهذه النتائج. فمن جهة أولى، إنّه لَمِن المعروف أنّ الشباب هم مستعملو الإنترنت الأكثر نشاطاً وأنهم يتصلون بالعالم وبالمعلومات بشكل أساسي عبر هذه التقانة. ولذلك فليس من المُفاجئ أن نرى اختلافاً ملموساً بين البالغين الشباب وأولئك الأكبر سناً عندما يتعلق الأمر بالقدرة التي يستشعرونها على فهم المعلومات الطبية المتوافرة بيسر على الإنترنت وتفسيرها واستعمالها ($t=2.2; p=.04$). ومن ناحية أخرى، يبدو من الأسهل الحصول على معلومات سهلة التفسير حول نمط الحياة لأغراض وقائية من الحصول على معلومات مخصّصة حول مرض بعينه لأغراض استشفائية. وأخيراً، فإنّ هموم البالغين الأكبر سناً المتعلقة بالصحة أكبر، وقد تكون أكثر إلحاحاً. وهم لا يملكون

مستوى الارتياح أو المعرفة عند استعمال الإنترنت نفسه الذي يملكه الشباب، لذلك نجدهم أقل ميلاً لاستعمالها، ويعتمدون أكثر على أطبائهم.

لقد أوحت لنا الأدبيات الموجودة أن نفترض أن مستويات الدخل والتعلم ترتبط إيجابياً مع استعمال الإنترنت بصفتها مصدراً للمعلومات الصحية. وكما في حالة (Lemire et al., 2008)، لم نتمكن من دعم هذه الاكتشافات ولم نجد ارتباطاً ملموساً بين تكرار استعمال الإنترنت وهذين المتغيرين الديموغرافيين الاجتماعيين.

أما في ما يتعلق بالارتباط بين الحالة الصحية المُستَشعَرة واستعمال الإنترنت بصفتها مصدراً للمعلومات الصحية، توفر الأدبيات الموجودة أدلة متناقضة. فكما ذكرنا أعلاه، بيّنت بعض الدراسات أن الأشخاص الذين يشعرون بضعف صحي، أو القلقين حول صحتهم هم الأكثر رجوعاً إلى الإنترنت، في حين وجدت دراسات أخرى عكس ذلك: أي إن الاشخاص الذين يبحثون بنشاط عن معلومات صحية على الإنترنت هم الأقل قلقاً على صحتهم. تؤكد نتائجنا هذه الدراسات التي اقترحت ارتباطاً سلبياً بين القلق على الصحة واستعمال الإنترنت بصفتها مصدراً للمعلومات.

تؤكد نتائجنا أيضاً فكرة أدخلها نورمان وسكينير (Norman and Skinner, 2006) وهي أن المعلومات الصحية المتوافرة على الإنترنت تُستعمل استعمالاً ضئيلاً بسبب نقص معرفة مستعملي الإنترنت أو مهارتهم في الشؤون الصحية. لقد وجدنا ارتباطاً إيجابياً ملموساً بين قدرة الفرد على فهم المعلومات الطبية المتوافرة على الإنترنت وتفسيرها واستعمالها، وتكرار استعمال الفرد لشبكة الإنترنت بصفتها مصدراً للمعلومات حول قضايا الصحة الشخصية. يجب أن نُذكّر أنّه في حالة المستجيبين لاستطلاعنا، كونت الإنترنت ثالث مصدر للمعلومات، بعد محترفي المهن الصحية والأصدقاء والأقارب.

لا يرتبط استعمال الإنترنت للمعلومات الصحية الشخصية بالضرورة باستراتيجية تمكين ذاتي شخصية تهدف إلى تحقيق توافق أكبر مع رؤية الأطباء أو غيرهم من

محترفي المهن الصحية (المنطق الاحترافي). إنّها مرتبطة بوضوح أكثر بالرغبة في اتخاذ قرارات على دراية أكبر من طريق مُمارسة الحكم الشخصي (المنطق الاستهلاكي). تبتعد هذه النتائج عن (Lemire et al., 2008) الذين أثبتوا أنّ هذين المنطقين من التمكين يوجدان معاً لدى المستعملين لموقع معلومات صحية حائز على إعجاب واسع، وأنّ استشعار التمكين كان أقوى بين مُستعملي الإنترنت الذين اشتركوا بالمنطق الاحترافي. لاحظنا في هذه الدراسة أن استعمال الأطباء وغيرهم من محترفي المهن الصحية، أكثر من استعمال الإنترنت، هو الذي يرتبط إيجابياً مع المنطق الاحترافي للتمكين. يمكن تعليل ذلك بالفروقات بين المجتمعَيْن المستهدفين في الدراستين (جمهور عامٌ مُقابل مستعملي بوابة صحية على دراية جيدة) وببعض الفروقات في أسلوب جعل بعض المقاييس عملانية.

لذلك تشعر نسبة عالية من المستجيبين لاستطلاعنا أنّ استعمالهم للإنترنت يتيح لهم أساساً أن يصبحوا أفضل عند اتخاذ القرار. وبتحديد أكثر، إنّهم يعتقدون أنّ الإنترنت تتيح لهم أن يتخذوا قرارات صحية أفضل على أساس حكمهم الشخصي. توفر هذه النتائج بعض الدعم لأصحاب هذه الدراسة الذين وجدوا في تزايد استعمال الإنترنت دليلاً على مُقاربة تشاركية وموجهة نحو المستهلك للرعاية الصحية (Kalichman et al., 2002). تُعبر نتائجنا عن هذه الرغبة، الموجودة بين العديد من مستعملي الإنترنت، في تحرير أنفسهم من السلطة الطبية، وتبني مُقاربة متمركزة أكثر حول أنفسهم، وتفضيلاتهم، واستقلال اتخاذ قراراتهم. لقد وفرت دراسات تجريبية أخرى توضيحاً إضافياً لهذه الظاهرة، بما فيها دراسة (Nicholas et al., 2003)، التي اقترحت أنّ استعمال الإنترنت للحصول على معلومات صحية يترافق مع تغييرات في السلوك، مثل اعتماد عادات غذائية أفضل، وممارسة تمارين رياضية، والاسترخاء واستهلاك فيتامينات ومُتتمات. يعكس هذا المَيْل طرح تساؤلات حول المُقاربة التقليدية للصحة. التي كانت أساساً تقوم على قاعدة السلطة الطبية والطاعة السلبية للمريض (Lewis, 2006).

الخلاصة، تشير نتائجنا إلى أنّ استعمال الإنترنت بصفتها مصدر المعلومات الصحية للمرء يرتبط مباشرة بثلاثة عوامل رئيسية. **أولاً**، النساء، اللاتي ألّفن نحو نصف عيّنتنا، يستعملن الإنترنت للمعلومات الصحية على نحو أكثر تكراراً من الرجال، وتحديداً إنهن يستعملن الإنترنت لأغراض وقائية. **ثانياً**، يميل البالغون الشباب إلى مراجعة الإنترنت على نحو أكثر تكراراً من الأكبر سناً، وهم يستعملون المعلومات أساساً لأغراض وقائية. وأخيراً، إنّ استعمال الإنترنت بصفته مصدر المعلومات للفرد مرتبط بقوة بما يستشعره الفرد من قدرة على فهم المعلومات الطبية المتوافرة على الإنترنت، وتفسيرها واستعمالها. بالإضافة إلى ما سبق، هذه الدراسة هي واحدة من أولى الدراسات التي استكشفت تأثير استعمال الإنترنت في أشكال متعددة من التمكين. يبدو أنّ لهذا التطوّر كموناً ملموساً، وخصوصاً بدلالة استقلالية اتخاذ القرار لدى العموم.

نظراً إلى صغر حجم عيّنتنا، والمحدودية المتأصلة في الاستطلاعات العرضانية، نعتقد أنّه يجب توخي الحذر عند تفسير هذه النتائج. بالإضافة إلى ذلك، لقد جمعنا آراء ووجهات نظر المقيمين في منطقة واحدة لها خواصها المميزة. لذلك يجب أن ينظر بحثٌ مستقبليٌّ إذا كان ممكناً تأكيد هذه النتائج باستعمال عينة أكبر من مستعملي الإنترنت وفي مناطق أخرى من العالم.

المراجع

Anderson, J. G. (2004). Consumers of ehealth: Patterns of use and barriers. *Social Science Computer Review*, 22, 242–248. doi:10.1177/ 0894439303262671

Baker, L., Wagner, T. H., Singer, S., and Bundorf, M. K. (2003). Use of the Internet and e-mail for health care information: Results from a national survey. *Journal of the American Medical Association*, 289(18), 2400–2406. doi:10.1001/ jama.289.18.2400

Barrett, B., Marchand, L., and Scheder, J. (2003). Themes of holism, empowerment, access, and legitimacy define complementary, alternative, and integrative medicine in relation to conventional biomedicine. *Journal of*

Alternative and Complementary Medicine (New York, N.Y.), 9, 937–947. doi:10.1089/107555303771952271

Broom, A. (2005). Virtually healthy: The impact of internet use on disease experience and the doctorpatient relationship. *Qualitative Health Research*, 15(3), 325–345. doi:10.1177/1049732304272916

Burrows, R., Nettleton, S., Pleace, N., Loader, B., and Muncer, S. (2000). Virtual community care? Social policy and the emergence of computer mediated social support. *Inform C Soc*, 3(1), 95–121. doi:10.1080/136911800359446

Christmann, S. (2005, April). *Health literacy and Internet: recommendations to promote health literacy by the means of Internet*. http://www. eurohealthnet.eu/images/publications/pu_8.pdf.

cotton, S. R., and Gupta, S. S. (2004). Characteristics of online and offline health information seekers and factors that discriminate between them. *Soc Sci Med*, 59(9), 1795-1806.

d'Astous, A. (2005). *Le projet de recherche en marketing*, Montréal, Canada. Éditions Chenelière Éducation.

Dolan, G., Iredale, R., Williams, R., and Ameen, J.(2004). Consumer use of the Internet for health information: A survey of primary care patients. *International Journal of Consumer Studies*, 28(2), 147–153. doi:10.1111/j.1470-6431.2003.00363.x

Dumitru, R. C., Bürkle, T., and Potapov, S. (2007). Use and perception of Internet for health related purposes in Germany: Results of a national survey. *International Journal of Public Health*, 52(5), 275–285. doi:10.1007/s00038-007-6067-0

Fox, N. J., Ward, K. J., and O'Rourke, A. J. (2005). The 'expert patient': empowerment or medical dominance? The case of weight loss, pharmaceutical drugs and the Internet. *Social Science and Medicine*, 60(6), 1299–1309. doi:10.1016/j.socscimed.2004.07.005

Goldner, M. (2006). Using the Internet and email for health purposes: The impact of health status. *Social Science Quarterly*, 87(3), 690–710. doi:10.1111/j.1540-6237.2006.00404.x

Harris Interactive. (2007). *Harris Poll #76*. July 31, *http://www.harrisinteractive.com/harris_poll/index.asp?PID=792*.

Henwood, F., Wyatt, S., Hart, A., and Smith, J. (2003). Ignorance is bliss sometimes: constraints on the emergence of the 'informed patient' in the changing landscapes of health information. *Sociology of Health and Illness*, 25(6), 589–607. doi:10.1111/1467-9566.00360

Hesse, B. W., Nelson, D. E., and Kreps, G. L. (2005). Trust and sources of health information: the impact of the Internet and its implications for health care providers. Findings from the first Health Information National Trends Survey. *Archives of Internal Medicine*, 165(22), 2618–2624. doi:10.1001/archinte.165.22.2618

Hibbard, J. H., Greenlick, M., and Jimison, H. (1999). Prevalence and predictors of the use of self-care resources. *Evaluation and the Health Professions*, 22(1), 107–122. doi:10.1177/01632789922034194

Hsiung, R. C. (2000). The best of both worlds: An online self-help group hosted by a mental health professional. *Cyberpsychology and Behavior*, 3(6), 935–950. doi:10.1089/109493100452200

Kalichman, S. C., Benotsch, E. G., and Weinhardt, L. S. (2002). Internet use among people living with HIV/AIDS: Association of health information, health behaviors, and health status. *AIDS Education and Prevention*, 14(1), 51–61. doi:10.1521/aeap.14.1.51.24335

Kumar, R. (2005). *Research Methodology: A step by-step guide for beginners*. Thousand Oaks: CA,Sage Publications.

Laurence, D. P., and Park, H. (2006). New technology and old habits: The role of age as a technology chasm. *Technology and Health Care*, 14(2), 91–96.

Lemire, M., Sicotte, C., and Paré, G. (2008). Internet use and the logics of personal empowerment in health. *Health Policy (Amsterdam)*, 88, 130–140. doi:10.1016/j.healthpol.2008.03.006

Lewis, T. (2006). Seeking health information on the Internet: Lifestyle choice or a bad attack of cyberchondria? *Media Culture and Society*, 28(4), 521–539. doi:10.1177/0163443706065027

Licciardone, J. C., Smith-Barbaro, P., and Coleridge, S. T. (2001). Use of the Internet as a resource for consumer health information: Results of the second osteopathic survey of health care in America (OSTEOSURV-II). *Journal of Medical Internet Research*, 3(4), E31. doi:10.2196/jmir.3.4.e31

McMullan, M. (2006). Patients using the Internet to obtain health information: How this affects the patient-health professional relationship. *Patient Education and Counseling*, 63(1-2), 24–28.doi:10.1016/j.pec.2005.10.006

Nease, R. F. Jr, and Brooks, W. B. (1995). Patient desire for information and decision making in health care decisions: The Autonomy Preference Index and the Health Opinion Survey. *Journal of General Internal Medicine*, 10(11), 593–600. doi:10.1007/BF02602742

Nicholas, D., Huntington, P., and Gunter, B. (2003). The British and their use of the web for health information and advice: A survey. *Aslib Proceedings*, 55(5-6), 258–260.

Norman, C. D., and Skinner, H. A. (2006). eHEALS:The eHealth literacy scale. *Journal of Medical Internet Research*, 8(4), E27. doi:10.2196/jmir.8.4.e27

Nunnally, J. (1978). *Psychometric Methods*. New York: Éditions McGraw-Hill.

Pandey, S. K., Hart, J. J., and Tiwary, S. (2003). Women's health and the Internet: Understanding emerging trends and implications. *Social Science and Medicine*, 56, 179–191. doi:10.1016/S0277-9536(02)00019-9

Pew Internet and American Life Report (2006, October 29). *Online Health Search 2006*.

Pew Internet and American Life Report (2007, October 8). *E-patients with a disability or chronic disease*.

Radin, P. (2006). To me, it's my life: Medical communication, trust, and activism in cyberspace. *Social Science and Medicine*, 62, 591–601. doi:10.1016/j.socscimed.2005.06.022

Reddick, C. G. (2006). The Internet, health information, and managing health: An examination of boomers and seniors. *Int J Health Care Inform Syst Inform*, 1(2), 20–38.

Renahy, E., and Chauvin, P. (2006). Internet uses for health information seeking: A literature review. *Revue d'Epidemiologie et de Sante Publique*, 54(3), 263–275. doi:10.1016/S0398-7620(06)76721-9

Rice, R. E. (2006). Influences, usage, and outcomes of Internet health information searching: multivariate results from the Pew surveys. *International Journal of Medical Informatics*, 75(1),18–25. doi:10.1016/j.ijmedinf.2005.07.032

Underhill, C., and McKeown, L. (2008, March). Getting a second opinion: Health information and the Internet. *Statistics Canada*, 19(1), 1-6.

Usunier, J. C. Easterby-Smith, M., and Thorpe, R.(2000). *Introduction à la recherche en gestion* (2nd ed.). Paris, Economica.

Wilson, P. M. (2001). A policy analysis of the expert patient in the United Kingdom: Self-care as an expression of pastoral power? *Health and Social Care in the Community*, 9(3), 134–142. doi:10.1046/j.1365-2524.2001.00289.x

ملاحظة ختامية

[1] يمكن إيجاد بوابة البلدية على الرابط : (http://ville.montreal.qc.ca).

لقد نُشر هذا العمل سابقاً في:

International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics, Volume 4 , Issue 4, pp. 1-18,

ملحق: بنود الاستبيان

البند	الوصف
منطق احترافي -1	أنا أتبع دوماً تعليمات الطبيب وغيره من المحترفين الصحيين الذين أستشيرهم
منطق احترافي -2	أنا أتخذ قراراتي الصحية بنفسي، من دون تجاهل تعليمات طبيبي بالضرورة (حُذف)
منطق احترافي -3	أنا أطبّق تعليمات الطبيب أو غيره من المحترفين الصحيين الذين أستشيرهم
منطق احترافي -4	لدي فهم جيد لوضعي الصحي بسبب المعرفة والنصيحة التي أتلقاها من طبيبي وغيره من المحترفين الصحيين الذين أستشيرهم
منطق احترافي -5	أنا أؤدي دوراً فاعلاً في علاقتي مع الطبيب وغيره من المحترفين الصحيين الذين أستشيرهم (حُذف)
منطق استهلاكي -1	مصادر المعلومات التي أراجعها (مجلات، الإنترنت، محترفون صحيون) تعطيني فهماً أفضل لحالتي الصحية من طريق قدرتي على تحليل ما هو ذو صلة وما هو غير ذلك
منطق استهلاكي -2	مصادر المعلومات التي أراجعها (مجلات، الإنترنت، محترفون صحيون) تساعدني لأكون أقدر على اختيار علاجي وأدويتي وأشعر أنني أقدر على تلبية احتياجاتي
منطق استهلاكي -3	أتخذ القرارات المتعلقة بصحتي على أساس تفضيلاتي ووسائلي بدلاً من مجرد اتباع تعليمات طبيبي أو غيره من المحترفين الصحيين الذين أستشيرهم (حُذف)
منطق استهلاكي -4	بوجه عام، أنا أثق بقراراتي حول المُعالجات أو الأدوية المحتملة
منطق استهلاكي -5	عندي دراية جيدة حول المعالجات والأدوية الموصوفة لي

منطق مجتمعي -1	أتخذ القرارات حول صحتي على أساس خبرة وآراء أشخاص أعرفهم (أصدقاء، أقارب، زملاء...)
منطق مجتمعي -2	مصادر المعلومات التي أراجعها (مجلات، إنترنت، محترفون صحيون) تفيد عند مناقشة صحتي مع أشخاص أعرفهم (أصدقاء، أقارب، زملاء...)
منطق مجتمعي -3	على أساس مصادر المعلومات التي أراجعها (مجلات، إنترنت، محترفون صحيون) أشعر بثقة أكبر عند الحديث مع أشخاص أعرفهم (أصدقاء، أقارب، زملاء...)
منطق مجتمعي -4	عندي فهم جيد جداً لحالتي الصحية بسبب مجموعات الدعم والتركيز التي أتبعها
منطق مجتمعي -5	أعرف الكثير عن آراء الأشخاص الذين حالتهم الصحية تشبه حالتي
استعمال وقائي -1	غالباً ما أراجع الإنترنت لأتعلم الوقاية من المرض من طريق تبني نمط حياة صحي
استعمال وقائي -2	غالباً ما أراجع الإنترنت للحصول على وجهات نظر مختلفة عن تلك الموافقة في الطب التقليدي
استعمال استشفائي -1	أنا غالباً ما استعمل الإنترنت لأحصل على فهم أفضل لمشكلة صحية أو مرض
استعمال استشفائي -2	أنا غالباً ما استعمل الإنترنت لأجد حلاً محدداً أو علاجاً لمشكلة صحية
استعمال اجتماعي -1	أنا غالباً ما أشارك بمناقشات على الإنترنت حول الصحة (حذف)
استعمال اجتماعي -2	أنا غالباً ما أراجع الإنترنت بهدف مساعدة صديق أو قريب مريض (حذف)
معرفة صحة إلكترونية-1	أعرف كيف أجد معلومات مفيدة عن الصحة على الإنترنت

معرفة صحة إلكترونية-2	أعتقد أنني أمتلك المهارات اللازمة لفهم جميع المعلومات الصحية التي أجدها على الإنترنت
معرفة صحة إلكترونية-3	أستطيع بسهولة التمييز بين معلومات صحية جيدة أو ضعيفة موجودة على الإنترنت
معرفة صحة إلكترونية-4	أعرف كيف أفسر المعلومات الصحية التي أجدها على الإنترنت
معرفة صحة إلكترونية-5	أعرف كيف أستعمل الإنترنت لإيجاد إجابات سريعة على أسئلتي حول قضايا صحية
معرفة صحة إلكترونية-6	أعرف أين أجد معلومات صحية مفيدة على الإنترنت
معرفة صحة إلكترونية-7	أشعر أنني واثق عند استعمال المعلومات التي أجدها على الإنترنت لاتخاذ القرارات المتعلقة بصحتي الشخصية
هم صحي شخصي-1	أعتقد أنني بحالة صحية ممتازة (حُذف)
هم صحي شخصي-2	بوجه عام، أنا لا أشعر بالقلق حول حالتي الصحية (حُذف)

الفصل الثامن عشر

مشاريع تقانة المعلومات الصحية ذات المصادر المفتوحة

إيفانجيلوس كاتساماكاس

جامعة فوردام، الولايات المتحدة الأميركية

بالاجي جانامانشي

جامعة تكساس (A and M) الدولية، الولايات المتحدة الأميركية

وليانالور راغوباثي

جامعة فوردام، الولايات المتحدة الأميركية

واي غاو

جامعة فوردام، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

يُناقش هذا الفصل تنامي مشاريع البرمجيات ذات المصادر المفتوحة في الرعاية الصحية. إنه يقترح إطاراً بحثياً يتفحص دور كل من الدعم المالي، ونوع الإجازة، وحالة التطوير، والمتمّمات التقانية في نجاح مشاريع تقانة المعلومات الصحية (HIT) ذات المصادر المفتوحة، ويطوّر طريقة منهجية لتصنيف المشاريع على أساس قدرتها الكامنة على النجاح. ولقد وجدنا باستعمال معطيات من (Sourceforge)، وهي بوابة تطوير برمجيات مفتوحة المصادر (Open Source Software) (OSS)، أنّه مع أنّ تمويل المشروع وقيود

ترخيصه تؤثر في مقاييس المشروع، فإنها ليست متنبئات معنوية لتصنيف مدى نجاح المشروع. من جهة أخرى وجدنا أنّ حالة التطوير، ونظام التشغيل، ولغة البرمجة هي متنبئات معنوية في التصنيف الناجح لمشاريع OSS. ونناقش أيضاً انعكاسات ذلك على الأبحاث والتطبيقات ونقترح اتجاهات بحث مستقبلية.

مقدمة

تدعونا "تكاليف الرعاية الصحية المتزايدة بسرعة، والتفشي الوبائي لخدمات رعاية صحية رديئة على مدى العقد السابق (Brailer, 2005)" إلى التبني المُلّح والمُصمِّم على النجاح لتقانة المعلومات الصحية (HIT). تمتلك HIT القدرة على تحويل صناعة الرعاية الصحية، من طريق زيادة الإنتاجية، وخفض الأخطاء والتكاليف، وتسهيل التشارك في المعلومات وتحسين جودة خدمات الرعاية الصحية (Brailer, 2005)، مما يؤدي إلى التحويل الفعلي لنظام الرعاية الصحية. ومع ذلك يبدو أن تبني HIT كان بطيئاً ويبدو أنه ينقصه التطبيق الفعلي لتقانة المعلومات والتحويلات المتعلقة بها التي ظهرت في صناعات أخرى (Goulde et al., 2006).

مع الإلحاح المتجدد لتبني HIT، بدأت المقاربات ذات المصادر المفتوحة تحظى بالاهتمام (Goulde et al, 2006; Kantor et al, 2003; McDonald et al,2003; Raghupathi and Gao, 2007). فمثلاً، مشروع Care2X هو مشروع مفتوح المصدر قيد التطوير في أوروبا، إنّه تطبيق يحوي أربع مركّبات: نظام معلومات المشفى، وإدارة العيادة، ومخدّم معطيات مركزي، وبروتوكول تبادل معلومات الصحية. يجري توزيع البرنامج تحت إجازة GPL. وهناك مبادرة أخرى باسم Open EHR، مموّلة أساساً من وزارة الخدمات الصحية والإنسانية الأميركية، وهي تطبيق مفتوح المصدر سيدعم تبادل السجلات الصحية وخدمات التحكم بالنفاذ في منطقة (Mendocino) الريفية في كاليفورنيا. تمتلك هذه المبادرات والمبادرات الأخرى المشابهة القدرة على إنشاء أدوات منخفضة

التكلفة للأطباء. توفّر شركة (Medfloss.org) http://www.medfloss.org/) وصفاً سريعاً لمشـاريع طبيـة مفتوحـة المصـادر. و(http://indivohealth.org)   (Indivo) هـو نظـام سـجلات صـحية مـتحكَّم بهـا شخصـياً مفتـوح المصـدر ومجـاني. ويناقش جاناماناشـي (Janamanachi et al, 2009) بعمق مواصفات المشاريع البرمجية المتعلقة بالصحة على (Sourceforge). يناقش فيتر (Vetter, 2009) العوامل التي تحبّذ تبني المصادر المفتوحة في مجال المعلومات الصحية الإلكترونية ونموّها والعوامل التي لا تشجّع هذا التبني أو النمو. ولقد أجرى (Pare et al, 2010) مُقابلات بالعمق مع 15 مشاركاً في CIO لتحديد هوية الإعاقة التي تحول دون تبني مصدر مفتوح، مثل توجيه السياسة ونقص المعلومات. ويناقش فانغ ونوفيلد (Fang and Neufeld, 2009) المشاركة المستدامة في تطوير مشاريع البرمجيات المفتوحة المصدر. يتفحص راجاغوبالان وآخرون (Rajagopalan et al., 2010) أنماط انتشار برمجيات الرعاية الصحية المفتوحة المصادر. يناقش سيبريجيت وآخرون (Seebregets et al., 2009) تطوير شبكة تتجيز لـ (www.openmrs.org) (OpenMRS)، وهو تطبيق سجلات طبية إلكترونية مفتوحة المصدر قابل للتشكيل. ويحلل ميلر و توكر (Miller and Tucker, 2009) العلاقة بين أنظمة الخصوصية وتبني EMR.

وعلى نطاق واسع، تبحث المؤسسات الحكومية (المموّل الرئيسي لفواتير الرعاية الصحية) عن مصدر مفتوح يُحقق أهدافها الرئيسية المتمثلة بخفض التكلفة وتمكين التواصل. في عام 2005، بدأت شركة (Canada Health InfoWay)، الممولة بمنح فيدراليّة ومناطقية، مبادرة مفتوحة المصدر لتطوير برمجية يمكن أن تستعملها المشافي ومطوّرو HIT لضمان التبادل الموثوق لسجلات المرضى الصحية بين جهات متنوعة. ولقد وضعت الحكومة الأميركية حزمة برمجية متكاملة للمشافي (VistaA) مفتوحة المصدر (Goulde et al. 2006). أهم تطبيقات الرعاية الصحية المفتوحة هي (OpenVista)، وهي النسخة المفتوحة المصدر من (Vista)، التي طُوّرت واستُعملت من قبل جميع المراكز الطبية لوزارة شؤون المحاربين القدماء الأميركية. يمكن شراء برمجية Vista ووحدة EMR التابعة لها

بسعر 25 دولاراً أو أقل[1]، وهي مفتوحة المصدر استناداً إلى قانون حرية المعلومات، وهي تُسوَّق بفاعلية من قبل باعة جُدُد. تشمل التطبيقات المفتوحة المصدر أيضاً (TORCH) وهو تطبيق ويب (Electronic Health Record) (EHR) يُعتقد أنّه قابل للاستعمال في عيادة مُمارس منفرد ويمكن توسيعه ليشمل عيادات متعددة في عدّة مواقع. هذه البرمجية مكتوبة بلغة مُفسّرة، وهي لذلك مستقلّة عن نظام التشغيل. (tkFP) هو تطبيق آخر من نوع سجلات طبية سريرية، جرى تنجيزه باستعمال عدد من اللغات تشمل (C) و(C++) و(Python) و(Perl). ويشتمل تطبيق (OSCAR)، من جامعة (McMaster) في كندا، على عدّة وحدات تضم نظام سجلات إلكترونية للمرضى، ونظام فوترة، ونظام تحويلات ومراسلات آمنة. أمّا متطلبات النظام فتضم (Linux) و(Java2SDK) و(MySQL) و(Jakarta Tomcat). و(GnuMED) هو أيضاً نظام EMR آخر مبني باستعمال منصة (WxPython GUI) وقاعدة المعطيات العلاقاتية (Postgres). ومن ناحية أخرى يستعمل (FreeMed) منصة (LAMP) الشائعة (Linux وApache وMySQL وPHP)، لتوفر واجهة تخاطب على أساس متصفح الويب.

تقترح هذه التطورات أنّ مُقاربة المصادر المفتوحة تمثل وسيلة ناجحة لتطوير تطبيقات HIT. بالنظر إلى هذه النشاطات، يمكن للبرمجيات المفتوحة المصدر، التي هي نفسها قوة تحويلية في صناعة البرمجيات، أن تؤدي دوراً ملموساً في هذه الثورة المرجوّة في مجال HIT، تؤثر في تطوير HIT وتبنيها وفي التموضع الاستراتيجي لبائعي هذه التقانة. فمثلاً، يهدف اتفاق مشترك بين شركتي (Red Hat Inc.) و(McKesson Corp.) إلى دفع تقانة المعلومات إلى مجال الرعاية الصحية في الولايات المتحدة عبر برمجيات مفتوحة المصدر (Babcock et al, 2007)، مما يزيد التنافس بين (Microsoft Windows) و(Linux) (Economides and Katsamakas, 2006).

ومع ذلك، في الوقت الذي جرت الإشارة في الأدبيات إلى العديد من التطبيقات – وخصوصاً في مجال المعلوميات الحيوية، انظر (Raghupathi and Gao, 2007) لمراجعة

شاملة للبرمجيات المفتوحة المصدر في الرعاية الصحية – لا توجد دراسات دقيقة لتطوير فهم تطوّر OSS في الرعاية الصحية. فمثلاً، ليس لدينا رؤية كافية عن المستوى الحالي وسرعة تطور OSS ضمن مختلف أنواع مؤسسات الرعاية الصحية، ولا عن العوامل التي تؤثر في التبني أو التطوير.

لذلك، من المهم تحديد المميزات والعوامل التي تؤثر في تطور البرمجيات وتبنيها في مجال HIT، وشرح القوى التي تقف وراءها (مثل التمويل، ومنح الترخيص، والتقانات المستعملة)، وتقييم أثر السياسات الكامنة، واقتراح الأهداف من تلك السياسات. لهذه الغاية، يُعد هذا الفصل أول دراسة كمية دقيقة قائمة على معطيات موضوعية. إنّ التحليل المفصل لتطوّر المصادر المفتوحة هو واحد من الجوانب المغفلة جداً في أدبيات HIT. هناك العديد من تطبيقات HIT، بما يشمل أنظمة السجلات الطبية الإلكترونية، مسرودة على موقع الويب (SourceForge)، وهذا يمثل نقطة انطلاق جيدة لإجراء دراسة شاملة عن البرمجيات المفتوحة المصدر في الرعاية الصحية.

بقية الفصل مرتبة كما يلي: يصف المقطع 2 إطار البحث في دراستنا، وذلك بناءً على العمل في مجالات OSS وأنظمة المعلومات. ويصف المقطع 3 المنهجية، ويناقش المقطع 4 النتائج. وأخيراً نجد في المقطع 5 مجال دراستنا، ونقاط القصور فيها، ونتائجها واتجاهات البحث المستقبلية.

إطار البحث

الهدف الأولي لهذا البحث هو تصنيف مشروعات HIT المفتوحة المصادر في فئات مختلفة على أساس نجاحها، واستكشاف سوابق هذه الفئات. اقترحت الأبحاث السابقة في مجال أنظمة المعلومات قياسات للمشروعات وحددت سوابق لنجاح المشروعات (Crowston et al., 2006; Crowston et al., 2006; Stewart et al., 2006)، ولكن هناك أبحاث محدودة حول أطر التصنيف التي يمكن أن تعطي رؤية أعمق حول المشاريع

المفتوحة المصدر (English et al, 2007). فمثلاً، يناقش كرواستون هوويسون (Crowston and Howison, 2006) الحاجة لاستكشاف مجتمع المطوّرين، والقادة، والمستعملين الفاعلين وراء OSS لاتخاذ القرارات بشأن قابلية البرمجية للحياة وملاءمتها لحاجات المستعمل. لقد اقترحوا النظر إلى التمويل بصفته مقياساً للنجاح. وإضافة إلى ذلك، يشكّل فهم دورة حياة المشروع، ومحفّزات مطوّريه، قاعدة حرجة لأثر مجتمع المصادر المفتوحة في نجاح المشروع. يوفر كرواستون وآخرون (Crowston et al., 2007) دليلاً تجريبياً يتعلق بالممارسات الإدارية لفِرَق OSS. وتحديداً، يحدد المؤلفون كيف تنظم فرق OSS عملها (مركّزة خصوصاً على ممارسات التكليف بالأعمال)، وكيف تختلف هذه الممارسات عن تلك الممارسات التقليدية ضمن مجموعات تطوير البرمجيات، وتقترح من ثَم ما يمكن للآخرين أن يتعلموا من مجتمع البرمجيات المفتوحة المصادر.

حدّد كرواستون وآخرون (Crowston et al., 2003, 2006) المقاييس التي يمكن أن تُطبّق لحساب مدى نجاح مشروع OSS على أساس مراجعة مختصرة للأدبيات، ونظرة إلى سيرورة تطوّر المشروع، وتحليل لآراء مطوّري OSS. ولقد اقترحوا أنّ تطوير مقاييس نجاح لبرمجية مفتوحة المصدر هو أمرٌ مهم لسببين. الأوّل، يمكن أن تكون هذه المقاييس مفيدة لمديري مشروع OSS عند تقييم مشاريعهم. وفي العديد من الحالات، تقوم جهات ثالثة بتمويل مشاريع OSS، ولذلك يمكن لمثل هذه المقاييس أن تساعد هؤلاء في تقدير العائد على استثماراتهم. وثانياً، لقد أصبحت طرائق OSS في تطوير النظم مرئيةً وتُستنسَخ على نحو متزايد.

استناداً إلى الأدبيات السابقة حول OSS وأنظمة المعلومات حددنا هوية المقاييس ذات الصلة بنجاح مشروع في مجال تقانة المعلومات الصحية مثل عدد التَحميلات والنشاط (Crowstone et al., 2006; Stewart et al., 2006)، وجمّعناها مع مقياسَين موسّعين للنجاح هما ترتيب المشروع والمشاركة في تكوين تجمعات المشروع. عند إنشاء تجمعات، نستكشف سوابق هذه التجمعات. بالإضافة إلى تأثير تمويل المشروع ونوع

إجازتـه، يُركّـز إطارنـا علـى تـأثير المتغيـرات الشـارحة مثـل حالـة التطـوير، الجمهـور المُستَهدَف، والعوامل التقانية (بيئة قاعدة المعطيات، ونظام التشغيل، ولغة البرمجة) على نجاح المشروع.

يبين الشكل (1) إطار بحثنا. المتغيرات المستقلة الأوليّة هي تمويل المشروع ونوع الإجـازة. المتغيـرات الأخـرى المـأخوذة فـي الاعتبـار فـي الإطـار هـي حالـة التطـوير والمتغيرات التقنيـة مثل لغة البرمجة، ونظام التشغيل وبيئـة قاعدة المعطيات. المتغيرات الأساسـية غيـر المسـتقلة هـي مقـاييس النجـاح وتحديـداً، النشـاط والتحمـيلات والمرتبـة والمشاركون. يجري اشتقاق تجمعات المشروعات باستعمال تحليل للتجمعات على أساس هذه المتغيرات غير المستقلة. وما إن يجري تحديد التجمعات، حتى نتفحص أيضاً تمويل المشـروع، ونـوع الإجـازة، وغيرهـا مـن المتغيـرات المسـتقلة مثـل سـوابق هـذه التجمعـات. سنصـف فـي مـا يلـي المتغيرات الأساسية وسنزوّد بـالتبرير النظـري لفرضـيات بحثنـا. إنّ اختيارنـا للمتغيـرات متوافـق مـع دراسـات سـابقة حـول نجـاح المشـاريع المفتوحـة المصـدر (Lerner et al., 2005, Stewart et al., 2006). ويمكن أيضـاً الحصـول علـى وصـف أكثـر تفصيلاً على موقع (Sourceforge).

المتغيرات المرتبطة أو غير المستقلة

رتبـة المشـروع: كمـا فـي موقـع (SourceForge)، فـإنّ رتبـة المشـروع تقيس رتبتـه ضـمن قاعـدة معطيـات (SourceForge). يلـتقط المقيـاس معلومـات حـول حركـة كـل مشـروع واتصـالاته وتطوره[2]. الحركة تعكس التحميل والزيارات لصفحة المشروع. ويعكس التطوّر التسجيلات في خازنـة CVS وعمر آخر الإصدارات. وتعكس الاتصـالات المتتبّع وقائمة المراسلات ونشاط منتدى المناقشة.

التحميـلات: يقيس هذا المقياس عدد تحميلات رماز المشروع من صفحة المشروع، كما يبينـه موقـع (SourceForge). تعكـس التحمـيلات مـدى شـهرة المشـروع بـين المسـتعملين،

وتُعتبر مؤشراً على الاستعمال. لاحظ أن التحميلات تُلتقط في متغير الرتبة المرتبط أيضاً.

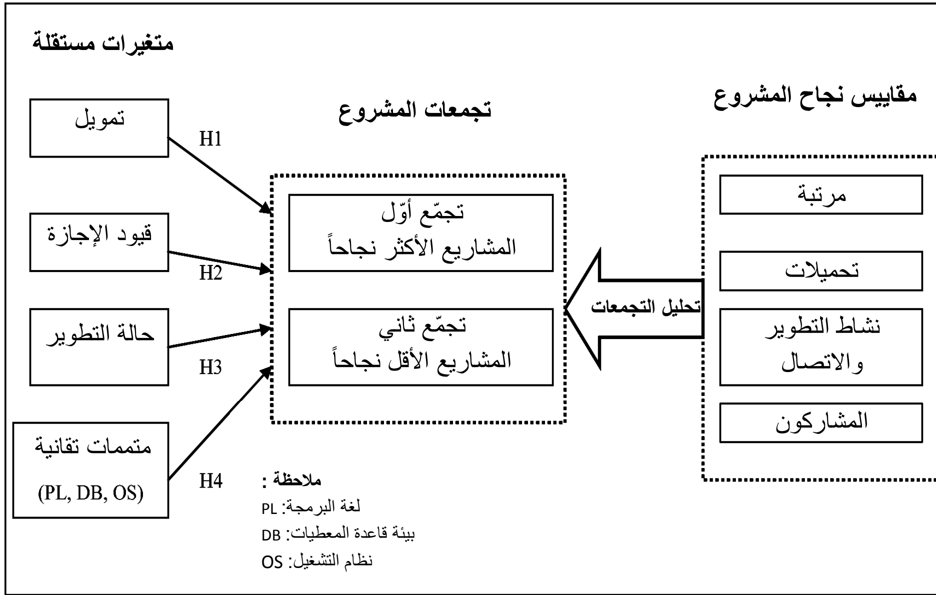
نشاط الاتصالات والتطوير: إنه يشير إلى نشاط الاتصالات (المتتبّع وقائمة المراسلات ونشاط منتدى المناقشة) ونشاط التطوير (النسخ في خازنة CVS). لاحظ أنّ هذه أيضاً مُتضمّنة في متغير الرتبة المرتبط. نموذجياً يجري ترتيب جميع المشاريع على قاعدة النسبة المئوية؛ وكلما عَلَت النسبة المئوية زاد النشاط.

المشاركون: كما هو مبين لدى (SourceForge) وفي سياق إطار بحثنا، يشير مقياس المشاركين إلى عدد المُطوّرين الذين شاركوا في المشروع، وليس عدد المستعملين النهائيين. ولأننا نلتقط بأسلوب غير مباشر مشاركة المستعملين من مقياس التحميلات ومقياس النشاط على موقع صفحة المشروع، فإنّ التركيز على مدى انهماك المطوّرين يُعتبر هنا أكثر أهمية.

يُعلّق ستيوارت (Stewart et al., 2006) بأنّ نجاح مشروع ضمن إطار مشاريع OSS هو مفهوم يتغير معناه بين المشاريع وأصحاب المصلحة. إذ ينظر أصحاب مصلحة مختلفين إلى نجاح مشروع بأشكال مختلفة وهم يتأثرون بعوامل مختلفة مثل الزمن والحاجة والاستعمال وإدارة المخاطر والعديد من المتغيرات المشابهة الخاصّة بالسياق. ونظراً إلى طبيعة مشاريع OSS، حيث يجري العمل من دون مُقابل، ومن قِبَل مطوّرين متطوعين من دون حدود زمنية، أو خطط تنجيز، لا تكون المقاييس التقليدية "للإنجاز في الوقت المحدد وضمن الميزانية" أو "تحقيق عائد" مُناسبةً لقياس نجاح هذه المشاريع. ولقد بزغت بدلاً منها مقاييس غير تقليدية بصفتها مؤشرات على نجاح مشاريع OSS. يمكن لهذه المقاييس أن تعكس وجهات نظر بعض أصحاب المصلحة بعينهم أو قد تكون استُكشِفَت في أبحاث سابقة. فمثلاً، (Crowstone et al, 2003) يرى أن حجم الحركة على موقع الوِب للمشروع يؤشر على النجاح أو عدمه، وكذلك عدد حالات التحميل، وعدد الأشخاص الذين يراقبون نشاط المشروع. وكذلك فإن جذب مشروع OSS لمطوّرين

متطوّعين للمشاركة والمساهمة فيه، هو أيضاً مؤشر على نجاح هذا المشروع كما يناقش (Stewart et al., 2006).

الشكل (1). إطار البحث.



متغيرات مستقلة

التمويل: يجري تمويل مشروع عندما يجري إطلاقه، أو دعمه دعماً فاعلاً من قبل منظمة رعاية صحية أو شركة تزوّد ببرمجيات متعلقة بالصحة. وننطلق من النظرية الاقتصادية عندما نقترح أنّ توافر التمويل يزيد من إمكانية نجاح المشروع. يمكن أن يقع هذا الأثر للتمويل على النجاح بسبب توفير موارد إضافية مثل مُطوّرين غير متطوعين، أو رمازات (Henkel, 2006)، أو أدوات. الالتزام بسيرورة التي كانت، لولا توفر التمويل، ستنتظم نفسها ذاتياً بالإضافة إلى مفعول إرسال الإشارات الذي يجذب مطوّرين آخرين ومستعملين يقتضي أنّ توفر التمويل سيزيد من معقولية نجاح المشروع. لقد وجد جيبسن و فريدريكسن (Jeppesen and Frederiksen, 2006) أنّ المستعملين المبتكرين الذين يساهمون في

المجتمعات المُحتَضَنة بالأعمال هم إمّا هواة أو يستجيبون للاعتراف الثابت. التمويل متغير تصنيفي.

الفرضية المتعلقة بالتمويل هي كما يلي:

H1: يرتبط تمويل المشروع ارتباطاً إيجابياً بازدياد احتمال تصنيفه في مجموعة المشاريع الأكثر نجاحاً.

نوع الإجازة أو الترخيص: تُعرِّف إجازة البرمجية استعمالها، وحقوق تعديلها وتوزيعها الممنوحة لمستعمليها. لقد تبع اختراعَ الإجازة العامة للعموم (General Public Licence) (GPL) من مؤسسة البرمجيات الحرة (Free Software Foundation) عدد كبير من إجازات المصادر المفتوحة[3]. الإجازات الرئيسية بينها هي (GPL) و(LGPL) و(BSD) و(MIT) و(Mozilla Public License). بالمقارنة مع الإجازات الخاصّة المُلكية، أو المغلقة، يمنح GLP المستعملين الحق باستعمال البرمجية وتعديلها وإعادة توزيعها. هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الإجازات (Lerner et al, 2003; Nelson et al. ,2002)، وتحديداً، النوع ذو القيود القاسية (Strong Copyleft) مثل (GPL)، والنوع ذو القيود الضعيفة (Weak Copyleft) مثل (LGPL) والنوع من دون قيود (Non-Copyleft) مثل (BSD). إنّ الإجازات العالية القيود هي الأقل احتمالاً أن تُسرَق من مؤسسة فتأخذ الرماز المصدري المفتوح، وتُعدّله، ثُمّ تُسوّق النتيجة. لقد تفحص بحثٌ سابق (Lerner et al, 2002) اختيار إجازة المصدر المفتوح ووجدوا أنّ الإجازات المقيدة تُستعمل لمشاريع موجهة إلى مستعملين نهائيين وليس إلى مُطوّرين، ولمشاريع جذّابة للمستهلكين مثل الألعاب. ولقد ناقشت أبحاث سابقة أنّ المشاريع ذات الإجازات المقيدة تجذب عدداً أكبر من المُساهمين (Lerner et al, 2002, Stewart et al, 2006) ولكن عدداً أقل من المستعملين بسبب القيود والارتيابات حول الإجازة (Stewart et al, 2006).

لدينا تفسير جديد لدور الإجازات في تطور المصادر المفتوحة. نقترح أنّ إجازة أكثر قيوداً ترتبط إيجابياً بازدياد عدد التحميلات. تستشعر المؤسسة، التي تعتمد مصدراً مفتوحاً منذ بداية مشروع، بالفوائد إذا كانت ضامنة لبقائه مفتوح المصدر مستقبلاً. ومن ناحية أخرى، يمكن للمستعملين أن يستشعروا أن المشاريع ذات الإجازات الأقل قيوداً لن تبقى مفتوحة المصدر فترة طويلة. الإجازات الأشد قيوداً تمثل مؤشرات مقنعة على أنّ هذه المشاريع لن يُستولى عليها وستبقى مفتوحة المصدر مستقبلاً. غالباً ما تكون مؤسسات الرعاية الصحية، وهي المستعمل المُسيطر للبرمجيات الصحية على (SourceForge)، غير مهتمة بتسويق الرمازات المفتوحة المصدر، ويجب لأسباب مختلفة أن تجد هذه الطمأنة جذابة (مثلاً لتفادي الخضوع التجاري للبائع). ويجب أيضاً على المشاريع ذات القيود الأقسى أن تجذب المطورين المهتمين في حماية بقاء أعمالهم مفتوحة في المستقبل.

الفرضية المتعلقة بقيود الإجازة هي كما يلي:

H2: كلما زادت القيود على الإجازة زاد احتمال أن يُصنف المشروع في تجمع المشاريع الأكثر نجاحاً.

حالة التطوير: يلتقط هذا المتغير حالة تطوير البرمجية (مثل التخطيط السابق، ألفا، بيتا، وغيرها). تحدد حالة التطوير المراحل في دورة حياة تطوير البرمجية ويجب أن تؤثر في مقاييس نجاح المشروع. إنّها تنصّ على أن نشاط المشروع في المراحل المختلفة من تطويره يجب أن تكون متنوعة. ولما كانت مقاييس نجاح المشروع (مرتبة، عدد التحميلات، والنسبة المئوية للنشاط) جميعها تعتمد اعتماداً كبيراً على نشاط المشروع، فإن لفرضية امتلاك حالة التطوير تأثيراً إيجابياً على تصنيف المشروع ضمن تجمع المشاريع الناجحة مُتضمّنة في لوجستيات انحدار تجمعاتنا. وشكلياً، الفرضية المتعلقة بحالة تطوير المشروع هي كما يلي:

H3: كلما تقدمت حالة تطوير المشروع زاد احتمال أن يُصنف المشروع في تجمع المشاريع الأكثر نجاحاً.

المتممات التقانية: نستكشف أيضاً العلاقة بين كل من لغة برمجة (PL)، ونظام التشغيل (OS)، وبيئة قاعدة المعطيات (DB) ومقاييس نجاح المشروع. ما يحفز إجراء هذه المُقارنة هو أنّ هذه التقانات هي متممات لخرج المشروع بمعنى أنّ الخرج يتطلب لغة برمجة ويُنشر في بيئة قاعدة معطيات ونظام تشغيل. وعليه، فمن المعقول أن تؤثر هذه التقانات في مقاييس نجاح مشروع. فمثلاً، يمكن أن يزيد كمون نجاح مشروع إذا استهدف نظام تشغيل أو بيئة قاعدة معطيات شهيرين. وبالمثل، يجذب مشروع يستعمل لغة برمجة شهيرة في المجال الصحي المطوّرين بسهولة وكذلك المؤسسات التي سوف تستعمل هذه اللغة بحينها لتخصيص البرمجية المفتوحة المصدر. لذلك شكلياً، الفرضية المتعلقة بحالة تطوير المشروع هي كما يلي:

H4: من المعقول أكثر أن تصنف المشروعات المقترنة بمتممات تقانية ناجحة في تجمع المشاريع الأكثر نجاحاً.

المنهجية

جمع المعطيات

لقد بحثنا (SourceForge) عن مشروعات باستعمال كلمات مفتاحية تتعلّق بتطبيقات صحية أو طبية أو معلوماتية حيوية. حدد هذا البحث هوية 607 مشروعاً مرتبطة بتقانة المعلومات الصحية HIT. ثُمّ استثنينا جميع المشروعات غير المرتبطة مباشرة، مثل تلك المتعلقة مباشرة بالعلوم الطبية والتجهيزات الطبية. ضيّق هذا الترشيح البحث إلى 258 مشروعاً. ثمّ استثنينا 79 منها على أساس عدم اعتبارهم تطبيقات HIT نموذجية وفق تصنيف معهد الطب (Institute of Medicine) لتطبيقات HIT. وجرى حذف خمسة مشاريع إضافية بسبب التكرار. تكوّنت العينة النهائية من 174 مشروعاً متعلّقة بالسياق

العام لتقانة المعلومات الصحية وتقع في فئات مثل أنظمة السجلات الصحية، ودعم العيادات الصحية، وأدوات مساعدة (تفيد في التشغيل البيني مثلاً). بالإضافة إلى ذلك، فقد جمعنا من الإنترنت معلومات عن تمويل كل مشروع وكاملنا هذه المعطيات ضمن قاعدة معطيات (SourceForge). وجرت كتابة برمجية بلغة Java لاستخلاص المعطيات من صفحات الويب لكل واحد من مشاريع الرعاية الصحية المفتوحة المصدر التي عددها 174. وجرى تخزين جميع المعطيات المستخلصة في ملف نصي مع فواصل بين القيم (CSV) يمكن أن يُحمّل بسهولة ضمن تطبيقات أخرى مثل (Excel) أو (SPSS) لإجراء تحليل لاحق.

تحضير المعطيات وتحويلها

جرى ترميز المتغيرات في إطار بحثنا ترميزاً مناسباً لتلائم تحليلنا. فمثلاً، جرى ترميز إجازات المشاريع بصفتها مقيدة جداً، ومقيدة، وغير مقيدة. واضطررنا إلى حذف ثلاثة متغيرات حَوَتْ أقل من 15% من المعطيات من قاعدة المعطيات ولم يُنظر فيها لاحقاً. وقد جرى إسقاط المتحولات الثلاثة التالية من مجموعة المعطيات: تثبيتات مستودع (SVN Repository commits) (82.7%) ومستودع القراءات (SVN Repository Reads) (83.2%) وقوائم البريد (25.7%). وفي ما يتعلق ببقية المتحولات، فلقد استعيض عن القيم الناقصة بصفر أو القيمة الوسيطة للمجتمع، (التي كانت الصفر أيضاً بالمصادفة). لقد كان لعدد كبير من المتغيرات التي درسناها توزيعات ذات انحرافات إيجابية قاسية. ولخفض هذه الانحرافات، جرى تحويل هذه المتغيرات باستعمال تحويل المقلوب. نموذجياً، يولّد تحويل المقلوب قيماً مرتبة ترتيباً عكسياً. وليس من الصعب قراءة هذا التحويل: 10 تصبح 0.1 و 100 تصبح 0.01 وهكذا، وفي الوقت الذي 10 أصغر من 100 (10<100) يكون 0.1 الناتج أكبر من 0.01 (0.1>0.01). لذلك استعملنا تحويل : اقلب ثُم اعكس. بكلمات أخرى، حسبنا المقلوب ثُم عكسنا النتيجة من طريق طرح المقلوب من "1". لذلك يكون ناتج تحويل العدد 10 هو 0.9 أي (0.1 – 1)، ويعطي ناتج تحويل 100 العدد 0.99

(أو 0.01 – 1). وكانت الأعداد الناتجة مرتبة بترتيب الأعداد الأصلية. جعلت المحافظةُ على الترتيب الأصلي عملية تفسير النتائج اللاحقة أقل تشويشاً. بتأثير هذا التحويل خفّت قساوات انحراف المتغيرات ولكنها لم تختفِ كلياً. ولكن، الإجراءات الإحصائية اللاحقة لم تكن حسّاسة كثيراً لدرجات معتدلة من الانحراف، ولذلك كانت نتائجنا معنوية ومفيدة.

الإحصاءات الوصفية

يعرض الجدول (1) ملخصاً لإحصاءات المشروع على مدى 12 شهراً مضت (وقيمة كل مقياس لكل مشروع هي المتوسط على مدى 12 شهراً). يمثل عمود "المتوسط" المتوسط الكبير أو متوسط المتوسطات على اثني عشر شهراً لكل مشروع. في بعض الحالات كانت المعطيات متوافرة على مدى أقل من 12 شهراً؛ فجرى تسجيلها ضمن فئة العام الماضي، وجميع المشاريع كانت نشطة في شهر أيار– مايو من عام 2007.

الجدول (1). إحصائيات المشروع.

مقاييس نشاط المشروع	الحد الأدنى	الحد الأعلى	الوسطي	الانحراف المعياري
المطورون	0	110	4.09	9.267
نسبة النشاط (الأسبوع الماضي)	16.31	99.86	71.8383	22.28214
رسائل المنتدى	.00	3973.00	28.2414	301.15120
قوائم البريد	.00	16.00	.5747	1.69072
عدد الأخطاء المفتوحة	.00	37.00	1.0862	3.94449
عدد الأخطاء الكليّ	.00	72.00	3.1379	10.88529
عدد طلبات الدعم المفتوحة	.00	18.00	.3161	1.52743
عدد طلبات الدعم الكلي	.00	18.00	.4138	1.76053

عدد التصحيحات المفتوحة	.00	3.00	.0287	.27261
عدد التصحيحات الكلي	.00	3.00	.0402	.29168
عدد طلبات المواصفات	.00	23.00	.9425	3.33611
عدد طلبات المواصفات الكلي	.00	58.00	1.4885	6.06205
عدد الصفحات الكلي	14.67	58007.42	1473.55	5609.67
عدد التحميلات	.00	10234.25	182.13	859.86
عدد الولوجات إلى صفحات	0	40825	1580.63	5369.411
عدد المُتتبعات المفتوحة	.00	8.75	.15	.83
عدد المُتتبعات المغلقة	0	6	.08	.552
عدد المشاركات في المنتدى	0	15	.21	1.534
المرتبة (وسطي)	123.92	141852.50	48488.69	33776.82

متوسط النسبة المئوية لنشاط المشاريع هو 71.84، وهذا مؤشر إيجابي على النشاط الوسطي. العدد الوسطي للمطورين هو 4، ولكن كانت هناك مشاريع ساهم فيها 110 من المطوّرين. ومن المثير للاهتمام أن نلاحظ أن النسب المئوية للنشاط تراوحت بين 16.31 و99.86. وتراوح عدد الصفحات في مشروع بين 14.67 و58007.

يمثل الجدول (2) الإحصاءات الوصفية للمتغيرات المستقلة والمرتبطة الرئيسية. أكثر أنماط الإجازة شيوعاً هي الإجازة المقيدة، تتبعها الإجازة ذات التقييد القاسي ثُم الإجازة غير المقيدة. للإجازات المقيدة وذات التقييد القاسي بعض التقاطع الذي يمكن فصله بسهولة كما يلي: وسطي الإجازات غير المقيدة هو 0.17، أي 17% من المشروعات تمتلك هذا النوع من الإجازات. لذلك هناك 83% (17– 100) من المشاريع

ذات الإجازات المقيدة. مجموع متوسطَي الإجازات المقيدة والإجازات ذات التقييد القاسي يساوي 0.47+0.65 = 1.12 أي 112% وهذا يعني أنّ نسبة 29% (83 – 112) تقع في آنٍ معاً تحت فئتي الإجازات المقيدة والقاسية التقييد.

السابقة (_DB) تشير إلى بيئة قاعدة المعطيات، والسابقة (_IA) تشير إلى الجمهور المُسْتَهدف، والسابقة (_OS) لنظام التشغيل، و(_PL) للغة البرمجة، و(_DS) لحالة التطوير. لتسهيل الحصول على رؤية مفيدة وتفسير سهل، جرى ترتيب المتغيرات المغفلة تحت كل فئة من هذه الفئات وفق القيم التنازلية للمتوسطات. ثُم جرى توليد معاملات الارتباط. فمثلاً في حالة مئة بيئة قاعدة المعطيات، ورد المتغير (DB_Unspecified) (وسطي 0.5805) في القائمة أولاً ثُمّ تلاه المتغير DB_OS (وسطي 0.3448)، و(DB_NOS) (وسطي 0.0862)، و(DB_Other) (وسطي 0.0517) بهذا الترتيب. هذا يقتضي أن نسبة 58% من المشروعات لم تُحدّد بيئة قاعدة المعطيات. ونحو 34% استعمل تقانات قواعد المعطيات ذات المصادر المفتوحة، في حين استعمل 8% من المشروعات استعمل تقانات قواعد المعطيات ذات مصادر غير مفتوحة. واستعمل نحو 6% من المشاريع نوعين أو أكثر من تقانات قواعد المعطيات في آن معاً. (يمكن بسهولة تحديد حالات التداخل في التصنيف، عندما يتجاوز مجموع القيم المتوسطة للفئات العدد 1). وتشتمل رؤى إضافية على حقيقة أنّ وسطي متغير التمويل (Sponsorship) (نعم =1، لا =0) يساوي 0.37؛ مما يعني أنّ نسبة 37% من المشاريع كان له تمويل، في حين لم تكن نسبة 63% من المشاريع المتبقية مموّلة. أمّا في ما يتعلّق بالجمهور المستهدَف، فلقد استهدفت نسبة 38.51% من المشاريع الصناعة، والعلوم والمؤسسات والأبحاث (ISOR)، في حين استهدفت نسبة 27.59% المطوّرين. ولأنّ فئات الجمهور المُستهدَف ليست متداخلة، نجد أن مجموع متوسطاتها يساوي 1، وفي الوقت الذي كانت فيه أنظمة التشغيل المستقلة مُفضلة من نسبة 32.18% من المشاريع، استعملت نسبة 41.38% منها لغة (Java) بصفتها لغتها المفضلة. ستكون هذه الملاحظات وغيرها من الجدول (2)

مهمة لأصحاب المصلحة في البرمجيات ذات المصادر المفتوحة بصفتهم مطوّرين أو ممولين أو مستعملين.

الجدول(2). الإحصاءات الوصفية للمتغيرات المستقلة والمرتبطة

	المتغير (N=174)		**الوسطي**	**الانحراف المعياري**
1	Activity Percentile (last week)	نسبة النشاط (الأسبوع الماضي)	71.8383	22.28214
2	Developers_INVREF	المطورون	0.6423	0.17427
3	Downloads_INVREF	التحميلات	0.5275	0.47923
4	Rank_Mean	متوسط الترتيب	48488.6898	33776.823
5	Restrictive	مقيد	0.65	0.479
6	HighlyRestrictive	تقييد قاس	0.47	0.501
7	NonRestrictive	غير مقيد	0.17	0.379
8	Sponsorship (0 No 1 Yes)	تمويل	0.37	0.484
9	DB_UNSPECIFIED	قاعدة بيانات غير محددة	0.5805	0.49491
10	DB_OS	قاعدة بيانات مفتوحة المصدر	0.3448	0.47668
11	DB_NOS	قاعدة بيانات غيرمفتوحة	0.0862	0.28148

الجدول(2). الإحصاءات الوصفية للمتغيرات المستقلة والمرتبطة

	المتغير (N=174)		**الوسطي**	**الانحراف المعياري**
		المصدر		
12	DB_OTHER	قاعدة بيانات غير ما سبق	0.0517	0.22211
13	IA_ISOR	الجمهور المستهدف: صناعة، علوم، مؤسسات أبحاث	0.3851	0.48801
14	IA_DEV	الجمهور المستهدف: مطورون	0.2759	0.44824
15	IA_UNSPECIFIED	الجمهور المستهدف: غير محدد	0.1667	0.37375
16	IA_ENDUSERS	الجمهور المستهدف: مستعمل نهائي	0.0862	0.28148
17	IA_GOVNP	الجمهور المستهدف: الحكومة	0.0345	0.18299
18	IA_AEU	الجمهور المستهدف: AEU	0.023	0.1503
19	IA_EDU	الجمهور المستهدف: تعليم	0.023	0.1503

الجدول(2). الإحصاءات الوصفية للمتغيرات المستقلة والمرتبطة

	المتغير (N=174)		الوسطي	الانحراف المعياري
20	IA_CS	الجمهور المستهدف: CS	0.**005**7	0.07581
21	OS_Independent	نظام تشغيل: مستقل	0.3218	0.46853
22	OS_UNSPECIFIED	نظام تشغيل: غير محدد	0.2759	0.44824
23	OS_MIXED	نظام تشغيل: خليط	0.1782	0.38375
24	OS_PROPRIETARY	نظام تشغيل: خاص الملكية	0.0977	0.29777
25	OS_OPENSOURCE	نظام تشغيل: مفتوح المصدر	0.0632	0.24406
26	OS_PORTABLE	نظام تشغيل: محمول	0.0517	0.22211
27	OS_OSX	نظام تشغيل: OSX	0.0057	0.07581
28	OS_IND_WINCE	نظام تشغيل: IND_WINCE	0.0057	0.07581
29	PL_JAVA	لغة البرمجة: جافا	0.4138	0.49393
30	PL_Misc	لغة البرمجة: عامّة	0.2184	0.41435
31	PL_Unspecified	لغة البرمجة: غير محددة	0.2069	0.40625
32	PL_PHP	لغة البرمجة: PHP	0.1724	0.37883

الجدول(2). الإحصاءات الوصفية للمتغيرات المستقلة والمرتبطة

	المتغير (N=174)		**الوسطي**	**الانحراف المعياري**
33	PL_C	لغة البرمجة: C	0.092	0.28979
34	PL_Python	لغة البرمجة: Python	0.069	0.25413
35	PL_CPlusPlus	لغة البرمجة: C++	0.0575	0.23341
36	PL_Perl	لغة البرمجة: Perl	0.0575	0.23341
37	PL_PLSQL	لغة البرمجة: PLSQL	0.046	0.21004
38	PL_MUMPS	لغة البرمجة: MUMPS	0.0287	0.16754
39	PL_VB.NET	لغة البرمجة: VB.NET	0.023	0.1503
40	PL_TcL	لغة البرمجة: TcL	0.0115	0.1069
41	PL_XSL	لغة البرمجة: XSL	0.0057	0.07581
42	DS_Unspecified	حالة التطوير: غير محددة	0.2241	0.41822
43	DS_ProdnStable	حالة التطوير: مستقر إنتاجي	0.1667	0.37375
44	DS_Beta	حالة التطوير: بيتا	0.1494	0.35754
45	DS_Planning	حالة التطوير: تخطيط	0.1322	0.33967

الجدول(2). الإحصاءات الوصفية للمتغيرات المستقلة والمرتبطة

	المتغير (N=174)		الوسطي	الانحراف المعياري
46	DS_Multiple	حالة التطوير: متعدد	0.1034	0.30542
47	DS_PreAlpha	حالة التطوير: ما قبل ألفا	0.0977	0.29777
48	DS_Alpha	حالة التطوير: ألفا	0.0977	0.29777
49	DS_Mature	حالة التطوير: ناضج	0.023	0.1503
50	DS_Inactive	حالة التطوير: غير نشط	0.0057	0.07581

ولكن هناك عامل واحدٌ حدَّ من تحليلنا: فلقد كان لبعض المشاريع معطيات ناقصة أو مفقودة، أو أعطت قيماً فارغة للعديد من المتحوّلات المغفلة، فوُضِعَت في فئات بصفة "غير محددة"، ولو كانت المشاريع قد أعطت قيماً لهذه المتغيرات، فلربما تغيرت بعض هذه النتائج.

التحليل ومناقشة النتائج

شملت الخطوات ما يلي: **أولاً**، لقد أقحمنا مقاييس النجاح المُختارة (انظر الشكل 1) بصفتها أبعاداً لتحليل التجمعات بهدف تحديد التجمّع الذي ينتمي إليه المشروع؛ **وثانياً**، لقد استعملنا الانحدار اللوجستي لتحليل سوابق المشاركة في المجتمع في كل تجمع.

تحليل التجمع

لمّا كان نموذجنا يتضمن عدّة أنواع من المتحولات بما فيها المستمرة (التحميلات، والنسبة المئوية للنشاط)، والفئوية (حالة التطوير، قيود الإجازة)، وثنائية (التمويل)، كان من الضروري استعمال تجميع على مرحلتين ما لم نتمكن من إيجاد تحويل يحوّل جميع معطياتنا إلى النوع المستمر من المعطيات. كان الحل الذي اخترناه لهذا البحث هو الجمع بين تحليل التجمع والانحدار اللوجستي. أولاً، استعملنا تحليل التجمّع لتوزيع المشاريع في مجموعات تلك الأكثر نجاحاً وتلك الأقل نجاحاً. ثُمّ جرى استعمال الانحدار اللوجستي الثنائي لفهم تأثير المتغيرات المستقلّة المُساعدة والعوامل المُتممة لزيادة أو إنقاص احتمال أن يُصنف أي مشروع في أيٍّ من الزمر المُقرّرة.

في المرحلة الأولى، استعملنا تجميعاً على مرحلتين لإنشاء تجمعات في SPSS. لقد تركنا النظام يُنشئ أفضل عدد من التجمعات. ولأن الهدف من التجميع هو تحديد الحدود بين المشروعات الناجحة وغير الناجحة، فلقد وضعنا ثلاثة معايير: عدد التحميلات والمرتبة والنسبة المئوية للنشاط بهدف إنشاء التجمعات. لقد جرى اختيار هذه المتغيرات المرتبطة الثلاث أساساً، لأنّ كل واحد منها يُعدُّ مقياساً بديلاً لنجاح مشروع تحت وجهات نظر مختلفة (Crowstone et al, 2003; Stewart et al., 2006). ولقد جرى إبقاء المتغيّر المرتبط "عدد المطورين" خارج عملية إنشاء التجمعات لأن الأبحاث السابقة لم تجد على نحو قاطع ارتباطاً بين مساهمة المطوّرين ونجاح المشروع (Krishnamurthy). نموذجياً، يرتبط عدد التحميلات ونسبة النشاط إيجابياً مع نجاح المشروعات، في حين ترتبط المرتبة سلباً مع النجاح لأن المرتبة الأخفض تعني نجاحاً أكبر. يُلخص الجدول (3) توزيع التجمعات في حالة تجمعين مُختارَين من النظام وثلاثة تجمعات مُحدَّدة من المستعمل.

الجدول(3). توزيع التجمعات.

	أفضل تجمعين اختارهما النظام			نتيجة طلب ثلاث تجمعات		
		N	النسبة المئوية من الكل		N	النسبة المئوية من الكل
التجمعات	1	96	55.2%	1	96	55.2%
	2	78	44.8%	2	36	20.7%
				3	42	24.1%
		174	100.0%		174	100.0%

لا يوجد اختلاف في التجمع الأول في حالة إنشاء التجمعات سواء أكان محدداً بالنظام أم من قبل المستعمل. من الواضح أنّ التجمع 1 (الذي يعطي نتائج متشابهة تحت كلا السيرورتين) مختلف بوضوح عن بقية المعطيات. تأمل الرسوم البيانية لمجالات الثقة لثلاثة من المميزات المفتاحية للتجمعات التي استعملناها بصفتها معايير لإنشاء التجمعات. يبين الشكل 2 (a2, b2, c2) أنّ عدد التحميلات في حالة التجمع الأول هو المميزة الرئيسية التي تفرّق هذا التجمع عن مجموعتي المعطيات الأخريين.

السبب وراء إنشاء مجموعتين بديلتين من التجمعات – أولاً مجموعة من أفضل تجمعين اختارهما النظام ثُم مجموعة من ثلاثة تجمعات بناء على الطلب – هو مقارنة المجموعات لتطوير رؤى ممكنة. واحدة من الاكتشافات كانت واضحة مباشرة: بقي التجمع الأول نفسه عند كل مقاربة. يقترح هذا الاكتشاف ظهور تجمع طبيعي على البُعد الموصوف، أي المؤشرات المُختارة على نجاح مشروع. يبين الجدول (4) الإحصاءات الوصفية لأفضل التجمعات التي اختارها النظام.

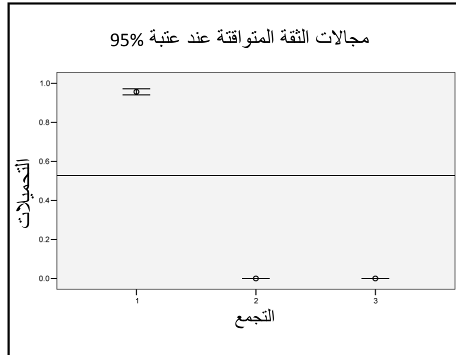
القيم المتوسطة لعدد التحميلات والنسبة المئوية للنشاط للتجمع الأول عند 0.9562 و83.5743 كانت أعلى من تلك الموافقة للتجمع الثاني عند 0000. و57.3941 بالترتيب. وبالمثل متوسط المراتب في التجمع الأول كان 27742.9737 وهو أخفض بشكل جوهري من متوسط المرتب في التجمع الثاني عند 74021.8789 (لأنّ المراتب الأخفض تعني نجاحاً أكبر). يشير عدد التحميلات، والنسبة المئوية للنشاط، والمرتبة إلى السلوك المتوقع لأنها كانت تستعمل أساساً لتعريف التجمعات منذ البدء.

من المهم ملاحظة أن متوسط التمويل في حالة التجمع الأول يساوي 0.47، ما يشير إلى أنّ نسبة 47% من المشاريع في هذا التجمع كانت مُموّلة. ولكن نسبة 27% فقط من المشاريع في التجمع الثاني كانت ممولة. يدعم هذا الاكتشاف إطار الفرضية **H1**. وسجّلت أنواع الإجازات المقيدة وذات التقييد القاسي متوسطاً أعلى في التجمع الأوّل منه في التجمع الثاني، وهذا ما يدعم إطار الفرضية **H2** أي كلما كانت القيود في الإجازة أقسى زاد احتمال أن يُصنّف المشروع ناجحاً. إنّه لمن المثير للاهتمام أن نلاحظ أن متوسط الإجازات غير المقيدة في التجمع الأول كان أخفض من التجمع الثاني، بما يتوافق مع الاكتشافات الأخرى.

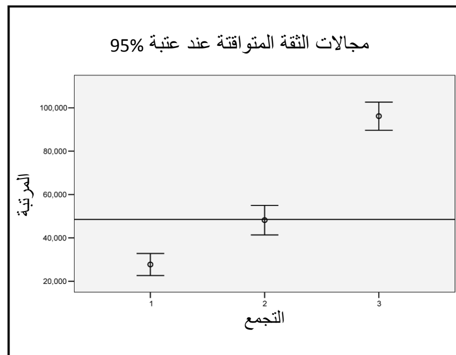
الخلاصة، يشتمل التجمع الأول على أكثر المشاريع ذات المصادر المفتوحة في مجال تقانة المعلومات الصحية نجاحاً. تتميز هذه المشاريع بعدد التحميلات المرتفع نسبياً، والترتيب المتقدم، وعدد المطورين الأكبر. ومن المعقول أكثر أن تكون مشاريع التجمع الأول ممولة وأن تكون إجازاتها أكثر تقييداً. وهذه الملاحظات متسقة مع إطار بحثنا.

يبين الجدول (5) الإحصاءات الوصفية التي عرّفت التجمعات الثلاثة.

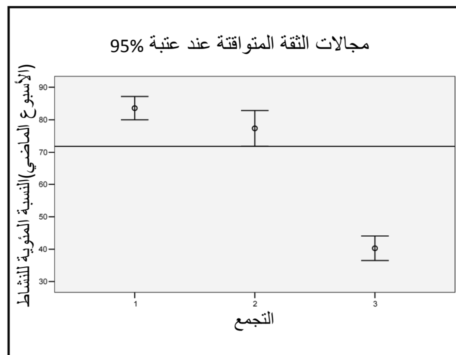
الشكل (2).



الشكل 2a. مجالات الثقة المتزامنة عند عتبة 95% لمتوسط عدد التحميلات تبعاً للتجمعات 1 و2 و3.



الشكل 2b. مجالات الثقة المتزامنة عند عتبة 95% لمتوسط ترتيب المشاريع تبعاً للتجمعات 1 و2 و3.



الشكل 2c. مجالات الثقة المتزامنة عند 95% للنسبة المئوية للنشاط في المشروع تبعاً للتجمعات 1 و2 و3.

يعيّن تركيب متوسطات المتغيرات الثلاثة الأولى في الجدول مركز كل تجمع. متوسط الأخطاء الكلية أعلى في حالة المشاريع الناجحة منه في حالة المشاريع الأقل نجاحاً. وإذا كانت التحسينات على مشروع تقوم على العدد الكلي للأخطاء المكتشفة، إذاً يمكننا أن نستنتج أن اكتشاف المزيد من الأخطاء يدل على مستويات أعلى من النشاط وجودة أعلى لإدارة المشروع. وعموماً كانت متغيرات التمويل وقيود الإجازة متسقة مع اكتشافات الأبحاث السابقة.

الجدول (4). الإحصاءات الوصفية للمتغيرات المفتاحية لأفضل التجمعات

	أفضل التجمعات: التجمع الأول			**أفضل التجمعات: التجمع الثاني**		
	N	**الوسطي**	**الانحراف المعياري**	**N**	**الوسطي**	**الانحراف المعياري**
التحميلات_INVREF	96	.9562	.06377	78	.0000	.00000
متوسط المرتبة	96	27742.9737	20445.14634	78	74021.8789	29164.16388
نسبة النشاط (الأسبوع الماضي)	96	83.5743	14.42206	78	57.3941	21.81324
الأخطاء_INVREF	96	.2728	.38090	78	.0489	.19589
التمويل نعم 1، لا 0	96	.47	.502	78	.24	.432
إجازة مقيدة جداً	96	.51	.503	78	.42	.497
إجازة مقيدة	96	.74	.441	78	.54	.502
إجازة غير مقيدة	96	.16	.365	78	.19	.397
المطورون_INVREF	96	.6808	.18848	78	.5948	.14236

ملاحظة: يعيّن تركيب متوسطات المتغيرات الثلاثة الأولى في الجدول مركز كل تجمع.

الانحدار اللوجستي

استناداً إلى ميرتلر وفاناتا (Mertler and Vannatta, 2002) "للانحدار اللوجستي الغرض الأساسي نفسه وهو التحليل التمييزي – أي تصنيف الأفراد في مجموعات". ويتابعان

توضيح ذلك بالقول "يسعى الانحدار اللوجستي لتحديد تركيب من المتغيرات المستقلة يتنبّأ بأفضل أسلوب للانتماء إلى مجموعة، كما يُقاس بواسطة متغيرات تصنيفية مرتبطة."

الجدول (5). الإحصاءات الوصفية للمتغيرات المفتاحية للتعريف الموافق لثلاثة تجمعات.

	التجمع الأول: الناجحة			التجمع الثاني: المتوسطة النجاح			التجمع الثالث: الأقل نجاحاً		
	N	الوسطي	الانحراف المعياري	N	الوسطي	الانحراف المعياري	N	الوسطي	الانحراف المعياري
التحميلات_INVREF	96	.9562	.06377	36	.0000	.00000	42	.0000	.00000
متوسط المرتبة	96	27742.9737	20445.14634	36	48198.2929	16237.47063	42	96156.3811	16878.40076
نسبة النشاط (الأسبوع الماضي)	96	83.5743	14.42206	36	77.3694	13.08993	42	40.2724	9.83260
الأخطاء_INVREF	96	.2728	.38090	36	.0646	.22475	42	.0354	.16894
التمويل نعم 1، لا 0	96	.47	.502	36	.22	.422	42	.26	.445
إجازة مقيدة جداً	96	.51	.503	36	.44	.504	42	.40	.497
إجازة مقيدة	96	.74	.441	36	.58	.500	42	.50	.506
إجازة غير مقيدة	96	.16	.365	36	.28	.454	42	.12	.328
المطورون_INVREF	96	.6808	.18848	36	.6145	.14858	42	.5779	.13632

ملاحظة: لا فرق بين التجمع الأول هنا والتجمع الأول الذي اختاره النظام.

إحدى المزايا هي أنّنا لا نحتاج إلى وضع فرضيات حول وجوب أن تتبع المتنبِّئات توزيعاً طبيعياً، أو أن تكون مرتبطة خطياً، أو أن يكون لها التباين نفسه ضمن الفئة. واستناداً إلى ذلك لم نفحص المعطيات للتحقّق من اتباعها توزيعاً طبيعياً أوخطيّتها وذلك تحضيراً للانحدار اللوجستي. وأكثر من ذلك، لقد تخطّينا فعلياً المشكلة التي تطرحها القيم المنعزلة، لأننا استعملنا تحويل "اقلب واعكس" على المتغيرات المستمرة لتبسيط

النماذج الإحصائية الأخرى، ومُعظم متنبِّئاتنا هي إما تصنيفية أو ثنائية. لقد أجرينا انحداراً تمهيدياً لتفحّص الخطية المتعددة بين المتغيرات المُتنبِّئة ورفعت النقاب عن السماحية لجميع المتغيرات أن تكون أكبر من 0.2، وهي السماحية المنصوح بها كما في (Field, 2005).

كما شُرح في مقطع تحليل التجمعات، ظهرت التحميلات بصفتها العامل الأكثر سيطرة في إنشاء التجمعات. لقد تركنا "التحميلات" خارج الانحدار اللوجستي الثنائي لكي نتمكن من فهم تأثير المتنبِّئات الأخرى. ولما كان النظام قد استخلص تجمعين فقط بصفتهما أفضل التجمعات، فلقد قصرنا مناقشة الانحدار اللوجستي على التجمعين اللذين اختارهما النظام. وبدلاً من متغير فئوي واحد "حالة التطوير" على سُلّم من 1 إلى 7 (تمثل التخطيط، وما قبل ألفا، ألفا وغيرها) فلقد رمّزنا كل مرحلة من مراحل حالة التطوير ثنائياً 0/1. وبالمثل رمّزنا المتغيرات الأخرى المتعلقة بالجمهور المستهدف، ولغة البرمجة وغيرها من المتغيرات التصنيفية التي نوقشت أعلاه.

لقد أجري انحدار لوجستي اثناني درجي راجع (Backward Stepwise Binary Logistic Regression) لتحديد المتغيرات المستقلة التي هي مُتنبئات معنوية لتصنيف المشروعات في فئات أفضل التجمعات. ودلّت نتائج الانحدار على أنّ النموذج الكلي الموافق لأحد عشر متنبئاً وثابت مهمّ في التمييز بين المشروعات الناجحة وتلك الأقل نجاحاً(-2Log likelihood=153.774; $\chi^2(11)=85.572$; $p<.0001$). صنّف النموذج 81.6% من الحالات. وأمثال الانحدار المعنوية في المعادلة التي تتنبّأ بالانتماء إلى التجمع مبيّنة في الجدول (6). ولأنّ إحصاء Wald يُعتبر متحفظاً جداً، وباعتماد مستويات معنوية متحرّرة ($p<.1$ أو $p<.05$)، وُجد أن تسعة من بين المتغيرات الأحد عشر تساهم مساهمة معنوية في التنبؤ بتصنيف مشروع.

الجدول (6). ثوابت الانحدار التي حُصل عليها تحت الانحدار اللوجستي الثنائي

المتغير	B	Wald	Df	Sig.	Exp(B)
حالة التطوير: مستقر إنتاجي	1.933	9.645	1	.002	6.912
حالة التطوير: تخطيط	-3.403	8.233	1	.004	.033
عدد الأخطاء الكلي- INVREF	-2.289	7.739	1	.005	.101
لغة البرمجة : PHP	-1.618	7.535	1	.006	.198
نظام التشغيل : خاص الملكية	1.334	7.397	1	.007	3.797
حالة التطوير : متعدد	1.930	5.334	1	.021	6.888
حالة التطوير : بيتا	1.272	4.068	1	.044	3.569
لغة البرمجة : C++	2.046	3.157	1	.076	7.736
الإجازة غير مقيدة	-.939	2.783	1	.095	.391

اختبار الفرضيات

النتائج التي حُصلَ عليها من الانحدار اللوجستي مختلفة إلى حدٍّ ما عن الأنواع الأخرى من معادلات الانحدار، وذلك في أنّ ما يجرى التنبؤ به في انحدار لوجستي هو احتمال أن تُصنّف حالة في صنفٍ بدلاً من التنبؤ بقيمة متغير مرتبط. وتدلّ نسبة الاحتمال أو Exp(B) إلى الزيادة (أو النقصان في حالة كون B سالباً) في احتمال أن يُجري التصنيف في فئة عندما يزداد المتغير المُتنبئ بمقدار 1. لذلك تشير، قيمة Exp(B)، أو نسبة الاحتمال المتعلقة بلغة البرمجة (PL_C++) عند 7.736، إلى أن زيادة بمقدار وحدة واحدة (وهنا هذا يعني انقلاب المتغير المغفل من 0 إلى 1) توافق تضاعف معقولية نجاح المشروع بمقدار 7.736 مرة.

وعلى نحو مُفاجئ، لا يُشار إلى التمويل بصفته مُتنبِّئاً معنوياً بنجاح مشروع، ولا تجد الفرضية **H1** دعماً. ولكن الإجازة غير المقيدة تظهر بصفتها عاملاً معنوياً ذا تأثير على تصنيف مشروع. فرضيتنا المتعلقة بإجازة المشروع كانت أنّ زيادة تقييد الإجازة تؤدي إلى نجاح المشروع. ولدعم هذه الفرضية، يرغب المرء أن يرى الإجازات المقيّدة تقييداً قاسياً تحصل على Exp(B) أعلى من الإجازات المقيدة أو تلك غير المقيدة، بالترتيب. ولكن لم تكن هذه هي الحالة هنا. ولذلك تفشل الفرضية **H2** أيضاً في الحصول على ما يدعمها.

كان لثلاثة مستويات من حالة التطوير، تشمل بالترتيب: مستقرّ إنتاجي ومتعدّد وبيتا نسب احتمال عالية مما يدلّ على تأثيرات أكبر لهذه المتغيرات في تصنيف مشروع. يدعم هذا الدليل افتراضنا **H3**.

وكذلك كانت لغات البرمجة (PHP,C++)، ونظام التشغيل (الخاص المُلكية) مُتنبِّئات على تصنيف مشروع. موفّرة الدعم للفرضية **H4**، تقترح هذه الاكتشافات أنّ نجاح مشروع مرتبط بتوفر موجودات إضافية، مثل المهارات البرمجية للمطورين وأنظمة التشغيل المستعملة من قبل المستعملين. وعليه، فالعوامل التقانية مثل اختيار لغة البرمجة ونظام التشغيل المُستهدَف تؤثر بقوة بنجاح مشروع، ويجب أن تُختار بحذر من مديري المشاريع.

يجب أن يُحلِّل مُديرو المشاريع بدقة تأثير هذه المتغيرات أو العوامل وأن يفهموها. والخلاصة هي أنّه في الوقت الذي يُشجّع توافر التمويل مشاركةَ المطوّرين ويزيد النشاط في مشروع (بناء على اكتشافات أبحاث سابقة)، إلاّ أنه لا يضمن ترجمة هذه المفاعيل الإيجابية إلى زيادة في عدد التحميلات أو تحسيناً في ترتيب المشروع. إنّه من المُفاجئ أنّ التمويل لم يؤثر في نجاح مشروع. أمّا ما يتعلّق بالقيود على الإجازات، ففي الوقت الذي نجدها فيه تجتذب المزيد من عمليات التحميل، وتُحسّن من ترتيب المشروع وترفع النسبة المئوية للنشاط (بناءً على اكتشافات أبحاث سابقة)، فقد وجدنا في الجدول (6) أنّ

القيود على الإجازات لا تضمن تصنيف المشروع ضمن تجمع المشاريع الناجحة. يناقض هذا الاكتشاف الأخير ارتفاع عدد التحميلات وازدياد النسبة المئوية للنشاط.

يمكن أن نستخلص عدداً من الاستنتاجات. فمع أنّ لتمويل المشروع وللقيود على الإجازات تأثير ملموس في مقاييس نجاح المشروع، ولكنها لم تؤثر مباشرة في تصنيف المشروع كمشروع ناجح أو أقل نجاحاً. تجد حالة تطوير المشروع بالفعل موقعاً مهماً في نتائج الانحدار اللوجستي. هذا يقترح أنّ لمراحل تطوير المشروع تأثيراً ملموساً في تصنيفه. وعلاوة على ذلك، يُلاحظ أنّ للغة البرمجة ولنظام التشغيل أيضاً تأثيراً ملموساً في تصنيف المشروع.

النتائج والأبحاث المستقبلية

اقترحت هذه الدراسة إطار بحث يشرح نجاح المشاريع البرمجية ذات المصادر المفتوحة، وطوّرت طريقة لتصنيف مشاريع HIT ذات المصادر المفتوحة. يوفر تحديد فئات المشاريع رؤية مفيدة لجميع أصحاب المصلحة في البرمجيات المفتوحة المصادر بدلالة نجاح المشروع وتلك المحركات التي تقود إلى نجاحه. توضح هذه الدراسة فائدة هذه المُقاربة في سياق مشاريع HIT، في حين يمكن لأبحاث مستقبلية أن تعمم هذه الطريقة على أطر أخرى مفتوحة المصدر. وما يثير الاهتمام هو أنّ حالة التطوير ولغات البرمجة (PHP,C++)، ونظام التشغيل (الخاص المُلكية) مُتنبِّئات على تصنيف مشروع. تقترح هذه الاكتشافات أن نجاح مشروع مرتبط بقيم مُتممة مثل المهارات البرمجية للمطورين، ونظام التشغيل المستعمل من قبل المستعملين. وعليه، ليست فقط العوامل القانونية/ الاجتماعية (مثل الإجازة والتمويل المؤسساتي) ولكن أيضاً العوامل التقانية (مثل اختيار لغة البرمجة ونظام التشغيل المُستَهدَف) تؤثر بقوة في نجاح أي مشروع. يجب على قادة المشاريع المستقبلية أن ينظروا بعناية في حلول وسطى متوازنة بين هذه المتغيرات.

وقبل أن نُشدّد على المساهمات، يجب أن تصبح بعض نقاط القصور صريحة. إذ لمّا كانت المعطيات من (SourceForge) قد جُمعَت في فترة زمنية محدّدة، تُعتبر هذه الدراسة صورة للحظة زمنية بعينها. ونعترف أيضاً أن جميع مشاريع HIT ذات المصادر المفتوحة ليست مسجلةً لدى (SourceForge)؛ والعديد منها مُسجّل لدى (Freshmeat) وغيرها من مواقع الويب. والعديد من المشاريع العالية المواصفات تحتفظ بمواقع تطوير خاصة بها. وتتمثل نقطة قصور أخرى في أنّ بعض المشاريع قد يكون قد عفا عليها الزمان، أو أن معطياتها خاطئة، فضلاً عن تلك التي كانت معطياتها ناقصة. نفترض أنّ مشروعات HIT الموجودة على موقع (SourceForge)، بسبب شهرة الموقع والعدد الكبير للمشاريع والمطوّرين المُسجّلين فيه، تمثيلية لكامل حركة المصادر المفتوحة في مجال الرعاية الصحية.

تقدّم هذه الدراسة عدداً من المساهمات المهمّة. أولاً، نحن نستعمل تحليل التجمعات لتحديد مجموعات المشاريع الناجحة، وتلك غير الناجحة على موقع (SourceForge) ونجد مُتنبّئات بالانتساب إلى كل مجموعة. يمكن لهذه المُقاربة المنهجية أن تفيد في الدراسات المستقبلية التي تُحاول تحديد أنواع مختلفة من المشاريع في مجالات أخرى. ثانياً، نحن نطوّر إطاراً نظرياً يتفحص دور المتممات التقانية، وتمويل المشروع، وحالة التطوير، ونوع الإجازة في أنماط تطوّر المشاريع ذات المصادر المفتوحة، ونختبر الفرضيات المتعلقة. وانطلاقاً من النظرية الاقتصادية، تقترح مقولة جديدة في إطار عملنا أن ازدياد القيود على الإجازة سيزيد من تبني البرمجية المفتوحة المصدر، لأن المؤسسات ستكون أكثر ثقة ببقاء مشروع (OSS) مفتوح المصدر مستقبلاً. وثالثاً، نحن نبيّن كيف يمكن لتطوير المصدر المفتوح أن يُفهَم على نحو أفضل في سياق مجال محدّد – الرعاية الصحية، ونوفّر رؤية حول حالة تطوّر المصادر المفتوحة في هذا المجال.

يمكن أيضاً لمموّلي المشاريع، مثل الشركات أو المنظمات، أن تستفيد أيضاً من رؤانا. فيمكن لهذه الاكتشافات أن تساعد الممولين في تحديد المشروعات التي تستحق

وقتهم واستثمار مواردهم، وتلك التي سيساعد نجاحها في الاعتراف بالصنف ونجاحه في السوق. وعلاوة على ذلك، فإنّ لغة البرمجة، وتقانة قاعدة المعطيات، وتفضيلات نظام التشغيل لمطوّري مشاريع برمجيات المصادر المفتوحة أو مستعمليها، تمثل جميعها معلومات مفيدة لشركات تقانة المعلومات المرتبطة بهذه التقانات.

وفي ما يتعلّق بـ HIT، يجب أن ينظر البحث المستقبلي في حركيّة تطوّر المصادر المفتوحة (Katsamakas et al., 2007) في سياق HIT. إنّ تأثير OSS في انتشار HIT هو أيضاً مجال يستحق التحري. يمكن لتحليل سلاسل زمنية ولدراسات ممتدة زمنياً أن توفر رؤى أكثر عمقاً حول سيرورية تطوّر OSS.

يمكن لأبحاث مستقبلية أن تنظر في دراسة تُقارن البرمجيات المفتوحة المصدر العامّة (مثلاً تلك المسجلة لدى SourceForge وFreshmeat) وتلك المطوّرة في شركات (مثل تطبيقات المعلوميات الحيوية). يجب أن توفّر دراسات حالة مفصّلة عن مشروعات تطوير مهمة فهماً أكثر غنى لتطوّر المصادر المفتوحة في الرعاية الصحية. وهناك مسألة أخرى مرتبطة يجب تفحصها هي مسألة تبني برمجيات مفتوحة المصدر من قبل مؤسسات الرعاية الصحية. في الوقت الذي نجد فيه أنّ تطوير تطبيقات OSS في الرعاية الصحية لها إمكانات كبيرة، فإنّه يمكن لإطار البحث، ومقاربة التصنيف والاكتشافات المعروضة هنا أن تُطبّق على صناعات ومنظمات أخرى. ولكن من الواضح أن تطوير المصادر المفتوحة، وخصوصاً ما يتعلّق بالرعاية الصحية، هو حقل متنامٍ. هذا أمرٌ جيدٌ ويحدث في الوقت المُناسب بالنظر إلى الحاجة لـ HIT، حيث تكمن فرصة تحويل صناعة بأكملها.

المراجع

Babcock, C., and McGee, M. K. (2007). Microsoft vs. open source moves into healthcare. *Information Week*, 1128, 31–32.

Brailer, D. J. (2005). Economic perspectives on health Information Technology. *Business Economics (Cleveland, Ohio)*, 40(3), 6–14. doi:10.2145/ 20050301

Crowston, K., Annabi, H., and Howison, J. (2003). Defining open source software project success. *Proceedings of the 24th International Conference on Information Systems*, (pp. 1-14).

Crowston, K., and Howison, J. (2006). Assessing the health of open source communities. *Computer*, 39(5), 89–91. doi:10.1109/MC.2006.152

Crowston, K., Howison, J., and Annabi, H. (2006). Information Systems success in free and open source software development: Theory and measures. *Software Process Improvement and Practice*, 11(2), 123–148. doi:10.1002/spip.259

Crowston, K., Li, Q., Wei, K. N., Eseryel, U. Y., and Howison, J. (2007). Self-organization of teams for free/libre open source software development. *Information and Software Technology*, 49(6), 564–575. doi:10.1016/j.infsof. 2007.02.004

Economides, N., and Katsamakas, E. (2006). Twosided competition of proprietary vs. open source technology platforms and the implications for the software industry. *Management Science*, 52(7), 1057–1071. doi:10.1287/ mnsc.1060.0549

English, R., and Schweik, C. (2007). *Identifying success and tragedy of FLOSS commons: A preliminary classification of Sourceforge.net projects*. In IEEE International Conference on Software Engineering, Minneapolis, Minnesota.

Fang, Y., and Neufeld, D. (2009). Understanding sustained participation in open source software projects. *Journal of Management Information Systems*, 25(4), 9–50. doi:10.2753/MIS0742-1222250401

Field, A. (2005). *Discovering statistics using SPSS*. Thousand Oaks, CA: Sage Publishing.

Goulde, M., and Brown, E. (2006). *Open sourcesoftware: A primer for healthcare leaders*. Forrester Consulting.

Henkel, J. (2006). Selective revealing in open innovation processes: The case of embedded Linux. *Research Policy*, 35(7), 953–969. doi:10.1016/j.respol. 2006.04.010

Janamanchi, B., Katsamakas, E., Raghupathi, W., and Gao, W. (2009). State and profile of open source software projects in health and medical informatics. *International Journal of Medical Informatics*, 78(7), 457–472. doi:10.1016/j.ijmedinf.2009.02.006

Jeppesen, L. B., and Frederiksen, L. (2006). Why do users contribute to firm-hosted user communities? The case of computer-controlled music instruments. *Organization Science*, 17(1), 45–63.doi:10.1287/orsc.1050.0156

Kantor, G. S., Wilson, W. D., and Midgley, A. (2003). Open-source software and the primary care EMR. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 616. doi:10.1197/jamia.M1403

Katsamakas, E., and Georgantzas, N. (2007). Why most open source development projects do not succeed? In *Proceedings of IEEE International Conference on Software Engineering*, Minneapolis, Minnesota.

Krishnamurthy, S. (2002). Cave or community? An empirical examination of 100 mature open source projects. *First Monday*, 7(4). Retrieved from http://www.firstmonday.dk/issues/issue7_6/Krishnamurthy/index.html

Lerner, J., and Tirole, J. (2002). Some simple economics of open source. *The Journal of Industrial Economics*, 50(2), 197–234. doi:10.1111/1467-6451.00174

Lerner, J., and Tirole, J. (2005). The scope of open source licensing. *Journal of Law Economics and Organization*, 21(1), 20. doi:10.1093/jleo/ewi002

McDonald, C. J., Schadow, G., Barnes, M., Dexter, P., Overhage, J. M., Mamlin, B., and McCoy, J. M. (2003). Open source software in medical informatics-Why, how and what. *International Journal of Medical Informatics*, 69, 175–184.doi:10.1016/S1386-5056(02)00104-1

Mertler, C. A., and Vannatta, R. A. (2002). *Advanced and multivariate statistical methods* (2nd ed., p. 313). Los Angeles, CA: Pyrczak Publishing.

Miller, A., and Tucker, C. (2009). Privacy protection and technology diffusion: The case of electronic medical records. *Management Science*, 55(7), 1077–1093. doi:10.1287/mnsc.1090.1014

Nelson, M., Sen, R., and Subramaniam, C. (2006). "Understanding open source software: A research classification framework," *Communications of the AIS*, 17.

Pare, G., Wybo, M., and Delannoy, C. (2010). Barriers to open source software adoption in Quebec's healthcare organizations. *Journal of Medical Systems*, 33(1), 1–7. doi:10.1007/s10916-008-9158-4

Raghupathi, W., and Gao, W. (2007). An eclipsebased development approach to health Information Technology. *International Journal of Electronic Healthcare*, 3(4), 433–452. doi:10.1504/IJEH.2007.015322

Rajagopalan, B., Deshmukh, H., and Deshmukh, A. (2010). Healthcare related open source software innovations: Diffusion patterns and early adopter influence. *International Journal of Business Innovation and Research*, 4(3), 163–178. doi:10.1504/IJBIR.2010.032381

Seebregts, C., and Mamlin, B. (2009). The OpenMRS implementers network. *International Journal of Medical Informatics*, 78(11), 711–720. doi:10.1016/ j.ijmedinf.2008.09.005

Stewart, K. J., Ammeter, A. P., and Maruping, L. M. (2006). Impacts of license choice and organizational sponsorship on user interest and development activity in open source software projects. *Information Systems Research*, 17(2), 126–144. doi:10.1287/isre.1060.0082

Vetter, G. (2009). Slouching toward open innovation: Free and open source software for electronic health information. *Washington University Journal of Law and Policy*, 30, 179.

ملاحظة ختامية

[1] معطيات شهر تشرين الأول/ أكتوبر 2007.

[2] لمعلومات أكثر انظر:

(http://sourceforge.net/forum/forum.php?forum_id=465092)

[3] موقع مبادرة المصادر المفتوحة يسرد 50 إجازة مُصادَق عليها تتفق مع تعريف المصدر المفتوح (انظر /http://www.opensource.org/licenses وُلِجَ إليه في 2 آب/ أغسطس 2006).

الفصل التاسع عشر

ابتكار سابق عصره: فهم العوامل المؤثرة في تقبّل المريض للخدمات المباشرة للطب من بُعد[1]

كريستينا أ. سيرانو

جامعة جورجيا، الولايات المتحدة الأميركية

إيلينا كاراهانا

جامعة جورجيا، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

رغم استمرار تكاليف الرعاية الصحية في التزايد بسرعة، تتأخر صناعة الرعاية الصحية، عن غيرها من الصناعات الخدماتية في تطبيق تقانة المعلومات لتحسين خدمة الزبائن – المرضى في هذه الحالة –، وتحسين الوصول إلى خدمات الرعاية الصحية، وخفض التكاليف. وأحد مجالات القلق على الخصوص هو الاستعمال الزائد والتجمهر الزائد في أقسام الطوارئ للحصول على رعاية غير مُلحّة. "الطب من بُعد" (Telemedicine) هو أحد التطبيقات المهمّة لتقانة المعلومات في هذا الإطار. الهدف من هذه الدراسة تفحص سوابق تقبّل المريض للخدمات المباشرة (من دون موعد سابق) للطب من بُعد في الحالات المرضيّة البسيطة. ومع وجود القليل من محاولات تنجيز مثل هذه العيادات المباشرة في الماضي، ولكنها أقفلت خدماتها في النّهاية. وبسبب الصّعوبة التي تواجه ديمومة نموذج

الخدمات المباشرة للطّب من بُعد، فإنّه من المهم تحرّي العوامل التي يمكن أن تقود إلى تبني المريض للخدمات المباشرة للطّب من بُعد. انطلاقاً من النّماذج النظرية في أدبيات الرعاية الصحية وتقبل التقانة، واعتماداً على المعتقدات البارزة المستنبطة أثناء مقابلات جرت مع 29 متبنٍّ محتمل، طوّرنا نموذجاً مفاهيمياً لسوابق تقبّل المريض للخدمات المباشرة للطّب من بعد في الحالات المرضية البسيطة. وفي حين ظهرت الميزات النّسبية، والتأثيرات المعلوماتية، والعلاقة مع الطّبيب بصفتها مُتنبِّئات مهمّة للتقبّل، بدا غنى الوسائط، وإمكانية التّشخيص والاستشارة الإلكترونية بصفتها مصادر قلق مهمّة للمتبنّين المحتملين. ونناقش منعكسات هذه الدّراسة على الأبحاث والممارسة، ونقدم مقترحات لدراسات تجريبية مستقبلية.

مقدمة

في الولايات المتحدة، تأخّرت صناعة الرّعاية الصحية عن الصناعات الخدماتية الأخرى في تطبيق تقانة المعلومات على ممارسات الأعمال. ويستمر الإنفاق على الرعاية الصحية في الولايات المتحدة بالتنامي أسرع من الناتج القومي الإجمالي (GDP)، الذي يضم تقريباً 2.5 تريليون دولار، أو 17.3% من GDP في عام 2009، ويُتوقع أن يرتفع إلى نحو 20% من GDP بحلول عام 2019 (Truffer et al., 2010). مع اقتصاد الرعاية الصحية المتنامي بسرعة والذي يعاني من نقاط قصور مؤسساتية متفشيّة، هناك فرصة واسعة لتطبيق ابتكارات تقانية للاستجابة لطلبات كل من الصناعة والمستهلكين، وخفض الكلفة الكلية، ويوفر إمكانية وصولٍ واسعة الانتشار لرعايةٍ صحية بتكاليف مقبولة متاحة للجميع.

أحد المجالات الخاصة المثيرة للقلق هو استعمال المرضى المتزايد لأقسام الطوارئ في الحالات غير المُلحّة. وفي الوقت الذي يُساهم هذا التوجه في زيادة تكاليف الرعاية الصحية، غالباً ما يختار المرضى هذا الخيار لأنّه يصعب الوصول إلى طبيب

الرعاية الأولية الذي يخصهم بيسر، أو لأنهم لا يملكون مصدر رعاية مُعتاد (Afilalo et al., 2004; Howard et al., 2005). تشمل الحلول المقترحة لهذه المشكلة عيادات رعاية مُلحّة من دون موعد سابق ومسارات سريعة ضمن قسم الطوارئ، غالباً العاملون فيها من الممرضات المُمارسات ومساعدي الأطباء (Howard et al., 2005). ويتمثل حلٌّ ممكن آخر بعيادة مباشرة دون موعد سابق للحالات البسيطة تستعمل الطب من بُعد (أنظمة اتصالات لتسهيل استشارات الرعاية الصحية بين الأفراد من بُعد) لربط المرضى بمزوّدي الرعاية الصحية. تشتمل فوائد العيادة المباشرة للطب من بُعد تطلباً لعدد أقل من موارد العاملين بالمقارنة مع العيادات المباشرة التقليدية ولديها إمكانية تزويد المرضى، خصوصاً أولئك الموجودين في المناطق الريفية، ووصولاً أكبر إلى خدمات الرعاية الصحية الروتينية.

وعليه، تتحرى الدراسة الحالية هذا التطبيق الجديد للطب من بُعد الذي يوفر خدمات الرعاية الصحية للأمراض البسيطة للمرضى من دون موعد سابق عبر ائتمار من بُعد (Teleconferencing) في عيادة صحية ضمن مجمّع تجاري. ومع أنّ الطب من بُعد كان يُمارَس في الولايات المتحدة لأكثر من أربعين عاماً، ولكنه كان أساساً يُطبق في مجالات تخصُّصية من الطب (Brennan, Holtz, Chumbler, Kobb and Rabinowitz, 2008; Mair and Whitten, 2000; Williams, May and Esmail, 2001). إنّ أوّل عيادة ضمن مجمّع تجاري قد شُغّلت من دون موعد سابق، للطب من بُعد في الولايات المتحدة، كانت محطة الصحة الإلكترونية (Health e-Station)، وقد افتُتحت عام 2006 في جورجيا، ولكنها أغلقت خدماتها لاحقاً. صُممت أساساً لتعزيز تمكين المريض، ولتحسين الحصول على الرعاية الصحية خارج ساعات العمل، كانت (Health e-Station) تفتح لساعات متأخرة وفي عطلة الأسبوع – أي في الأوقات التي لا يكون فيها مزوّدو الرعاية الأولية متوفرين بوجه عام. وافتُتِح نموذج مُماثل من عيادات الطب من بُعد المباشرة في ستة مراكز تجارية (Wal-Mart) في هيوستون، تكساس عام 2008 (Merrill, 2008)

ولكنها أغلقت في الربع الأوّل من عام 2009. ومن المهم، بسبب الصعوبة التي تواجه جعل نموذج خدمة الطب المباشر من بُعد مستداماً، أن يجري تحري العوامل التي يمكن أن تقود إلى تبني المرضى للخدمات المباشرة للطب من بُعد.

تشتمل زيارة نموذجية من دون موعد سابق لعيادة طب من بُعد على تفاعل المريض مع مُزوّد رعاية صحية مُدَرّب (مثل ممرضة أو مساعد طبيب)، الذي يربط المريض بطبيب متوافر عبر ائتمار فيديوي ويُشغّل الأدوات لفحص المريض. تنقل تقانة الائتمار الفيديوي الصور والأصوات المأخوذة من فحص المريض إلى الطبيب وتتيح تفاعلاً بين الطبيب والمريض بالزمن الحقيقي، بواسطة الصوت والصورة. وعلاوة على ذلك، يكون المريض قادراً على رؤية الصورة المُرسلة إلى الطبيب بواسطة شاشة عرض في غرفة الفحص. يُجادل الداعمون للعيادات المباشرة للطب من بُعد بأنّ الفائدة الرئيسية منها بالمقارنة مع غرف الطوارئ تتمثل في انخفاض كلفة خدماتها وسرعة الوصول إلى مزودي الرعاية الصحية.

ومع أنه توجد أبحاث حول تبني تقانات أخرى للطب من بُعد، فإن فهمنا للسوابق التي تؤدي إلى تبني المريض لخدمات الطب من بُعد التي تُقدّم بيسر إلى جمهور واسع لتشخيص الحالات البسيطة ما يزال محدوداً. مع هذا النوع من نماذج الخدمات الصحية، فإن الخيار المتمثّل بالسعي وراء الخدمة الصحية ينطلق من المريض، مقابل أنواع أخرى للطب من بُعد (مثل الطب النفسي من بُعد والطب الجلدي من بُعد) ، التي تعتمد نموذجياً على مزوّد يستعمل خدمة الطب من بُعد. وإضافة إلى ذلك، فهي تختلف من استعمال الطب من بُعد بهدف المراقبة من بُعد للحالات المُزمنة لأنّ هذه الخدمة تُستعمل لتشخيص الحالات البسيطة وليس للمراقبة المتكررة لحالة قائمة. وبهذه الصفة، فمن المعقول أن تختلف مُحدّدات تقبل المريض للخدمات المباشرة للطب من بُعد في الحالات البسيطة عن التطبيقات الأخرى للطب من بُعد، وهي تحتاج لتحرٍّ جديد. وعليه، فإنّ السؤال البحثي في هذه الدراسة هو: "ما هي سوابق تبني المريض لخدمات الطب من بُعد دون موعد سابق

في الحالات البسيطة؟". في هذه الدراسة، يجري تقييم وُجهات نظر المرضى المتعلقة بالخدمات المباشرة للطب من بُعد (WITS) في الحالات البسيطة، من طريق استنباط المعتقدات الكامنة لدى المتبني المتعلقة باستعمال (Health e-Station). باستعمال طرائق كيفية، تُحدد الدراسة العوامل البارزة التي تؤثر في تقبل المريض، وتبني نموذجاً نظرياً، وتشتق القضايا التي يمكن أن يجري تحريها تجريبياً في دراسات مستقبلية.

الخلفية

يُركز الحجم المتزايد من الأدبيات على رضا المريض عن الطب من بُعد، وقد نشر القليل من الباحثين دراسات شاملة عن الأدبيات في هذا المجال. تقترح هذه الأبحاث أنّ معظم الدراسات عن رضا المرضى التي نُشرت منذ عام 1995 جرت في الولايات المتحدة، وركزت على اختصاص طبي بعينه، حيث كان الطب النفسي من بُعد والطب الجلدي من بُعد بعض أهم هذه الاختصاصات (Mair and Whitten, 2000; Williams et al., 2001). ونظراً إلى أنّ العديد من الدراسات ركّزت على اختصاص بعينه، كان التعميم عبر الدراسات المختلفة غير مناسب. تتطلب الحالات المختلفة تكاليف مختلفة، ومتطلبات حسيّة مختلفة (مثلاً طب نفسي مُقابل طب جلدي)، ودرجات مختلفة من المخاطرة والحدّة – جميع العوامل التي تؤثر في معتقدات تبني المريض ورضاه. وبالإضافة إلى ذلك، من المعقول أن تتأثر خيارات تبني المرضى على نحو مختلف بالأمراض الدورية البسيطة مُقابل الأمراض المستمرة أو الأكثر جدية، وبالتشخيص مُقابل المراقبة الطويلة الأمد، وبالتفاعلات المتزامنة مقابل تلك غير المتزامنة.

وعلاوةً على ذلك، كانت معظم الدراسات وصفيةً، تقارن تجارب المرضى بين الطب من بُعد والاستشارات وجهاً لوجه. ويحذّر بعض الكتاب أنّ تصورات المرضى قد تنحرف عندما يتلقون في آن معاً معالجة وفق الطب من بُعد ووجهاً لوجه مع الطبيب للحالة الصحية نفسها، مما يستدعي إجراء تحرٍّ إضافي للطب من بُعد بصفته يُستعمل بديلاً عن الرعاية وجهاً لوجه، وليس حلاً إضافياً (Mair and Whitten, 2000; Williams

et al., 2001). ويشير هؤلاء الكتّاب أيضاً إلى نقصان الدراسات الكيفية المتعلقة بتقبّل المرضى للطب من بُعد.

ومع أنّه قد أجريت بعض الدراسات المقودة بالنظرية حول وجهات نظر الأطباء حول الطب من بُعد (مثل Gagnon et al., 2003; Lehoux, Sicotte, Denis, Berg and Lacroix, 2002)، ولكنّ القليل منها يطبق النظرية لاستكشاف وُجهات نظر المرضى حول الطب من بُعد (Whittem and Love, 2005). وأكثر من ذلك، في الوقت الذي طَبّقتْ فيه بعض الدراساتِ النظريةَ لتحرّي تبني الطب من بُعد وُجهةَ نظر عدة متبنين (LeRouge, Hevner and Collins, 2007; Menachimi, Burke and Ayers, 2004) وقدمت بعض الرؤى حول الأطر النظرية التي تقف وراء تقبل المرضى للطب من بعد، ركّزت هذه الدراسات على مجال واسع من خدمات الطب من بُعد، ولم تحدد دوماً نوع تطبيقات الطب من بُعد، مما يجعل تعميم نتائجها على حالتنا غير واضح. طوّر (Wilson and Lankton, 2004) نموذجاً لتقبّل المرضى للصحة الإلكترونية (e-health) التي يُقدمها مُزوّد للخدمة، على أساس نظريات تقبّل التقانة. ولكن من المتوقع أن تختلف السوابق التي تقود المريض إلى استعمال تطبيق صحي على أساس الويب في منزله، وتلك التي تقود المريض إلى استعمال عيادة طبية من بُعد تُقدّم خدمات صحية (والتي هي محور هذه الدراسة)، وذلك لأنّ الأخيرة تُركّز تحديداً على العناية السريرية المتزامنة ضمن حدود مرفق الرعاية الصحية.

الإطار النظري

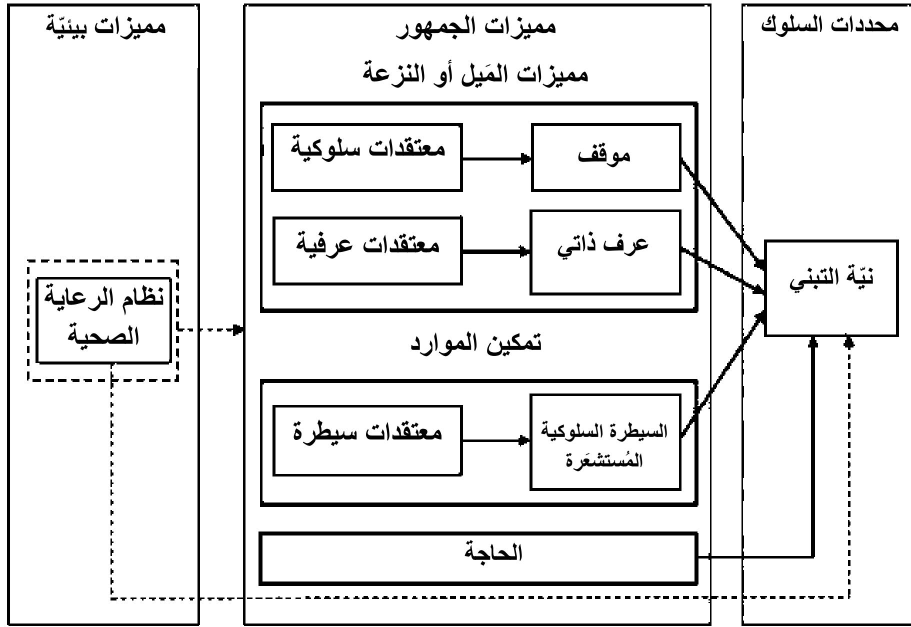
نظرياً، تقع الدراسة عند تقاطع تقبّل التقانة واستعمال خدمات الرعاية الصحية. وبهذه الصفة، جرى تركيب نظريتين واسعتين: النموذج السلوكي لاستعمال خدمات الرعاية الصحية (BMHSU) ونظرية السلوك المُخطّط (TPB) في إطار شامل يقود البحث.

النموذج السلوكي لاستعمال خدمات الرعاية الصحية

في أدبيات الخدمات الصحية، كان BMHSU مقبولاً قبولاً واسعاً، واستعملت هذه الأبحاث النموذج لشرح النفاذ إلى خدمات الرعاية الصحية واستعمالها (Andersen, 1995; Andersen and Newman, 1973). واستناداً إلى هذا النموذج، يعتمد استعمال الخدمات الصحية على المميزات التي تجعل الأفراد ميّالين لاستعمالها، وتمكين الموارد، والحاجة إلى الرعاية الطبية، والعوامل البيئية الخارجية. وتشتمل المميزات التي تجعل الأفراد ميّالين على مواقف الأفراد، ومعتقداتهم ومعارفهم وقيمهم ومميزاتهم الديموغرافية والبنى الاجتماعية. أما تمكين الموارد فهي الشروط المعيقة أو المسهّلة التي تؤثر في القرارات المتعلقة باستعمال خدمات الرعاية الصحية. أمّا الحاجات المُستَشْعَرة فتأخذ في الاعتبار إدراك الأفراد لصحتهم العامّة، وكيف يعانون من المرض وأعراض القلق المرتبطة بصحتهم، وما إذا كانت حالتهم الصحية تنبههم بالقدر الكافي إلى الحاجة إلى مساعدة احترافية. وإلى جانب مميزات الجمهور، يقرر (BMHSU) أنّ العوامل البيئية – وأساساً نظام الرعاية الصحية – تؤثر في استعمال الخدمات الصحية. إنّ ضمّ مفهوم نظام الرعاية الصحية يعترف بأن سياسة الرعاية الصحية الوطنية، ومواردها تؤدي دوراً ملموساً في تحديد استعمال الأفراد لخدمات الرعاية الصحية. ولكن، لأنّ هذه الدراسة تُركّز على إدراك الفرد، فإنّ تقييم نظام الرعاية الصحية الوطني لا يقع ضمن إطار هذه الدراسة.

وعلى نحو متّسق، أظهر البحث أنّ إدراك الحاجة هي المُحدد الأساسي لاستعمال الرعاية الصحية. أمّا المُحدّدان الباقيان للاستعمال: المميزات التي تجعل الأفراد ميّالين، وتمكين الموارد، فهما مُشابهَان مفاهيمياً لمُحددات سلوك النوايا في نظرية السلوك المُخطّط TPB. يؤلف تكامل هذين النموذجين إطار العمل المستعمل في هذه الدراسة (الشكل 1).

الشكل (1). إطار البحث المركّب (BMHSU) و(TPB) مُكيّف من (Ajzen, 1991) و(Andersen, 1995).



نظرية السلوك المُخطّط

لقد استُعملَت نظرية السلوك المُخطط TPB (Ajzen, 1991) للتنبؤ بالسلوك في سياقات متعددة، بما يشمل مجال تقبُّل التقانة (مثلاً، (Pavlou and Fygenson, 2006; Taylor and Todd, 1995. واستناداً إلى (TPB)، يتبع السلوك نوايا الأفراد بالالتزام بسلوكٍ، واستشعارهم بالسيطرة على السلوك في تحقيق السلوك المُستَهدَف. تتحدد النوايا السلوكية بمواقف الأفراد، والعرف الذاتي، والسيطرة السلوكية المُستَشْعَرة.

إنّ الموقف هو تقييم شامل لمزايا ومساوئ الالتزام بسلوك معيّن، وهو محدد بمعتقدات سلوكية بارزة تتعلّق بنتائج الالتزام بسلوكٍ وبتقييم هذه النتائج. الموقف والمعتقدات السلوكية الموافقة تُشابه مفاهيمياً مفاهيم المواقف والمعتقدات والقيم المحتواة في إنشاء مواصفات المَيل أو النزعة في (BMHSU).

يمثل العُرف الذاتي (Subjective Norm) (SN) العنصر الاجتماعي في TPB ويقترح أن الأفراد يقررون جزئياً اتباع سلوكيات بسبب استشعارهم لآراء آخرين مرجعيين حول الكيفية التي يجب أن يتصرفوا بها. يتحدد العرف الذاتي بواسطة معتقدات عرفية بارزة للمرء، أو بواسطة التوقعات المُستَشعَرَة لآخرين مرجعيين، والرغبة بالالتزام بهذه التوقعات. يشابه العرف الذاتي مفاهيمياً مفهوم البنية الاجتماعية المحتوى في إنشاء مواصفات المَيل أو النزعة في BMHSU.

تشير السيطرة السلوكية المُستَشعَرَة (Perceived Behavioral Control) (PBC) إلى استشعار المرء لمستوى السهولة أو الصعوبة في الالتزام بسلوك. وعليه، حتّى ولو كان للمرء نوايا قوية للالتزام بسلوك معين، ولكنه إذا لم يستشعر وجود موارد وفرص لتحقيق هذا الهدف، كان تحقيقه للسلوك المُستهدف أقل معقولية. إنّ مُحدِّدات PBC هي مُعتقدات السيطرة البارزة والقدرة المُستَشعَرَة لهذه المعتقدات، على تسهيل السلوك أو تثبيطه. يشابه PBC مفاهيمياً مفهوم إنشاء تمكين الموارد في BMHSU.

استناداً إلى TPB، تؤثر جميع المفاهيم الأخرى بالسلوك عبر آثارها في المعتقدات والمواقف والعرف الذاتي والسيطرة السلوكية المُستَشعَرَة. وعليه، ستؤثر المواصفات الديموغرافية وغيرها من الاختلافات الفردية، التي هي جزء من مواصفات المَيل أو النزعة في BMHSU، بالسلوك عبر تأثيرها على المعتقدات والمواقف والعرف الذاتي والسيطرة السلوكية المُستَشعَرَة. ومع أنّ النموذج يحدد العلاقات بين هذه المفاهيم، إلا أنه يبقى صامتاً في ما يخص معتقدات سلوكية وعرفية وسيطرية محددة بارزة في سياق تقبّل المرضى لخدمات الطب من بُعد. ولتحديد هذه، أجريت سيرورة استنباط للمعتقدات في (Ajzen and Fishbein, 1980).

الطرائق

جرت مُقابلة 29 فرداً في عام 2007. كان جميع المستجيبين بالغين قادرين على اتخاذ القرارات المتعلقة بالرعاية الصحية التي تخصهم. تنوع المستجيبون بالعمر والجنس والعرق والتعلّم والحالة الاجتماعية الاقتصادية (انظر الجدول (1) للمعطيات الديموغرافية). في كلّ مُقابلة، تابع المستجيب أولاً مقطع فيديو على الإنترنت يصف (Health e-Station) (HES)، وهو مثالٌ على عيادة خدمة مباشرة للطب من بُعد (WITS) لأمراض بسيطة، يعرض المقطع فحصاً لمريض ويناقش المزايا والمساوئ الكامنة وراء استعمال خدمات الطب من بُعد في ذلك المرفق. يمكن أن يُشاهد مقطع الفيديو على الإنترنت (A Doctor's Visit, 2006)، ويمكن طلب نصه الكامل من الباحثين. كان عرض الفيديو ضرورياً إذ لم يكن أيٌّ من المستجيبين متآلفاً مع WITS للحالات البسيطة. سُئل المستجيبون، بعد مشاهدة الفيديو، أسئلة مُقابلة ذات بنية على أساس تعليمات استنباط المعتقدات المُقترحة من (Ajzen and Fishbein, 1980). ومع أنّ أسئلة المُقابلة كانت مُحددة سابقاً، سمحنا للمستجيبين بأن يُناقشوا بحرية آراءهم حول WITS للحالات البسيطة وأضفنا أسئلة مع تطوّر المفاهيم الجديدة. وعليه، كانت هناك سيرورة تكرارية بين جمع المعطيات والتطوير المفاهيمي.

الجدول (1). المواصفات الديموغرافية للعينة

مواصفات ديموغرافية	التكرار (%)		مواصفات ديموغرافية	التكرار (%)	
الجنس			**الدخل**		
إناث	16	(55%)	$9,999 أقل من	1	(3.4%)
ذكور	13	(45%)	$10,000-14,999	1	(3.4%)

العمر			$15,000-24,999	5	(17.2%)
18-24	2	(6.9%)	$25,000-34,999	3	(10.3%)
25-34	10	(34.5%)	$35,000-49,999	8	(27.6%)
35-44	8	(27.6%)	$50,000-74,999	7	(24.1%)
45-54	5	(17.2%)	$75,000-99,999	2	(6.9%)
55-64	3	(10.3%)	$100,000-149,999	1	(3.4%)
65+	1	(3.4%)	$200,000 +	1	(3.4%)
العِرق			**أعلى مستوى تعلّم**		
أبيض	15	(51.7%)	أقل من مدرسة عليا	1	(3.4%)
أسود	5	(17.2%)	مدرسة عليا	16	(55.2%)
آسيوي	3	(10.3%)	إجازة	8	(27.6%)
لاتيني	3	(10.3%)	ماجستير	2	(6.9%)
متعدد	3	(10.3%)	دكتوراه	2	(6.9%)

أجريت 23 مُقابلة وجهاً لوجه، وأجريت ثلاث منها بواسطة الهاتف، وثلاث بواسطة البريد الإلكتروني. وتوقفنا عن جمع المعطيات عند الوصول إلى الإشباع النظري ولم تعد تبزغ أية مفاهيم جديدة (Glaser and Strauss, 1967). كُتبت نصوص المُقابلات، وجرى ترميز المفاهيم وتخزينها في فئات متشابهة مفاهيمياً. وقامت كلتا الباحثَتين منفردتين بترميز جميع نصوص المقابلات ثُمّ التقتا لحل حالات عدم التوافق. وبعد أربع دورات من الترميز، كان هناك توافق 100% بين الباحثَتين.

النتائج

يحتوي الجدول (2) المعتقدات التي برزت في المُقابلات والتكرارات الموافقة، ويبين الشكل (2) النمـوذج النظـري النـاتج. ولتحديـد المعتقـدات البـارزة، اسـتعملنا توصـية (Ajzen) و(Fishbein) التـي تـنص علـى تضـمين المعتقـدات التـي ذكرهـا علـى الأقـل 20% مـن المستجيبين. ثُمّ جرى إقران هذه المعتقدات بمعتقدات السلوك والعرف والسيطرة في TPB اعتمـاداً علـى مـا إذا كانـت تُشـير إلـى معتقدات حـول نتـائج تبنـي الخدمـة أو عـدم تبنيهـا (معتقدات سلوكية)، وعلـى الآراء المرجعيـة المهمـة حول مـا إذا كـان علـى المستجيب أن يتبنى أو لا يتبنـى (معتقدات عرفيـة)، وعلـى استشـعار عوائق التبنـي أومُسهّلاتِه (معتقدات سيطرة). بالإضـافة إلـى فئـات المعتقدات البـارزة فـي TPB، بزغت مفـاهيم أخرى، وجرت إضافتها إلى النموذج النظري النـاتج. سنناقش في ما يلـي المفاهيم والعلاقات التـي نتجت عن تحليلنـا ونعرضـها فـي هيئـة فرضيات. ويمكن للنموذج والفرضيات الناتجـة أن تُختَبَر في أبحاث مستقبلية.

المعتقدات السلوكية

ظهر مفهومـان من نظريـة انتشـار الابتكـار (Innovation Diffusion Theory) (IDT) لـ (Rogers, 1995)، بصفتهما معتقدين بارزين حول نتائج تبني WITS للأمراض البسيطة: الفائدة النسبية والتوافق. الفائدة النسبية هـي إلـى أي درجـة يُستشـعر تبنـي ابتكـار بصـفته أفضـل مـن سـابقه، والتوافـق هـو إلـى أي درجـة يُستشـعر تبنـي ابتكـار مُتّسـقاً مـع القـيم الموجـودة، وممارسـات، وتجـارب المتبنـين المحتملـين (Rogers, 1995). تقتـرح الدراسـات التجريبية فـي تقبل التقانـة (Karahanna, Straub and Chervany, 1999; Moore and Benbasat, 1991)، والتحليل الفوقي من (Tornatzky and Klein, 1982)، أنّ هذين المفهومين كانا مُتنبِّئين معنويين متَّسقين لسلوك تبني الابتكار.

الفائدة النسبية

استناداً إلى IDT، الفائدة النسبية هي مفهوم متعدد الأبعاد يلتقط فوائد ابتكارٍ ما بالمقارنة مع الممارسة التي يحل مكانها (Rogers, 1995). يوفر روجرز (1995) Rogers بعض الأبعاد الممكنة لهذا المفهوم، مثل الكلفة الأخفض، وتوفير الوقت والجهد، والمكانة الاجتماعية.

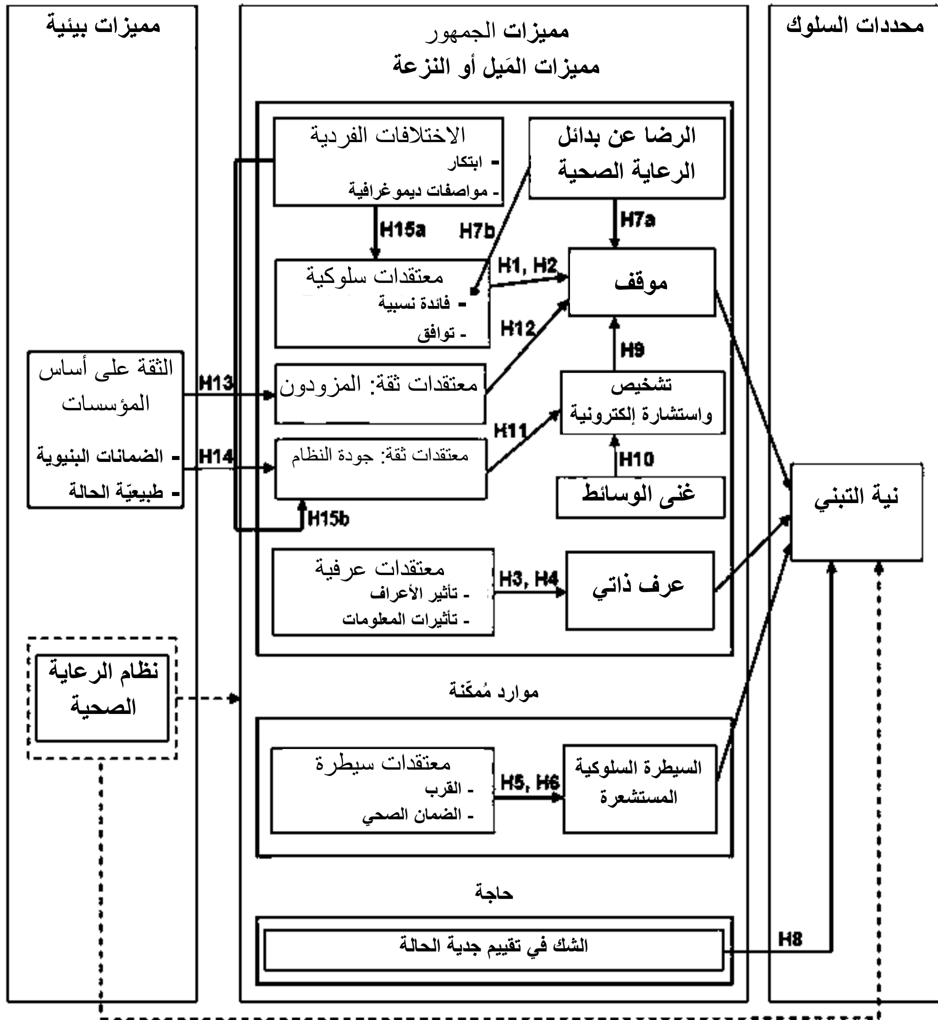
الجدول (2). تكرارات المعتقدات البارزة المُستنبطة

معتقدات	وصف	تكرار (%)	
معتقدات سلوكية	فائدة نسبية: زمن الانتظار	25	(86%)
	فائدة نسبية: التوفر خارج ساعات العمل	17	(59%)
	غنى الوسائط	16	(55%)
	تشخيص واستشارة إلكترونية	15	(52%)
	فائدة نسبية: مُلاءَمَة	14	(48%)
	فائدة نسبية: تكلفة	11	(38%)
	توافق: قيم	9	(31%)
	توافق: نمط حياة شخصي	6	(21%)
	تعقيد	2	(7%)
	فائدة نسبية: ميزة على البدائل	2	(7%)
	فائدة نسبية: أقل تعرضاً للجراثيم	1	(3%)
	فائدة نسبية: تمكين المريض	1	(3%)
تأثير الأعراف	أفراد الأسرة	12	(41%)
	مزوّدو الرعاية الصحية (أطباء وممرضات)	8	(28%)
	شركات التأمين الصحي	5	(17%)
	الأصدقاء	3	(10%)
	المدير في العمل أو ما يتعلق به	2	(7%)

	غيرها	2	(7%)
تأثير	الشبكات الشخصية	9	(31%)
معلوماتي	وسائط الأخبار/ آراء الخبراء	7	(24%)
معتقدات السيطرة	القُرب	21	(72%)
	التأمين الصحي	14	(48%)
	النقل العام (على طريق الحافلة)	3	(10%)
جودة النظام	الوظيفية، الوثوقية، تكامل المعطيات	7	(24%)
الثقة بالمزوّد	التقنيون	6	(21%)
	الأطباء	2	(7%)
الثقة على أساس المؤسسات	الضمانات البنيوية	11	(38%)
	طبيعيّة الحالة	10	(34%)
الاختلافات الفردية	المواصفات الديموغرافية	15	(52%)
	الابتكار	9	(31%)
رضا عن البدائل	رضا عن بدائل الرعاية الصحية	14	(48%)
طبيعة الحالة	الشك في تقدير الحالة	8	(28%)
	شخصي/ خاص	3	(10%)
	مُلاءَمة تقانة الطب من بُعد للحالة	2	(7%)
	المرض	2	(7%)
إعادة الاختراع*	الاستعمال لغير الغرض المقصود	6	(21%)
العلاقة	التآلف مع مزوّد WITS	3	(10%)
السهولة	الوضوح	3	(10%)
مواصفات العاملين	العاملون الإداريون وفي الاستقبال	2	(7%)

***مستثناة من النموذج لأن الدراسة تركز على تقبّل WITS كما هو**

الشكل (2). النموذج الناتج – العوامل المؤثرة في تبني المريض للخدمات المباشرة (من دون موعد سابق) للطب من بُعد في الحالات البسيطة



من الواضح، أنّ الفوائد النوعية التي يمكن أن تُجنى من ابتكارٍ بالمقارنة مع بادئه تتعلّق بالسياق. في الحقيقة، يقول (Rogers, 1995)، "تُحدّد طبيعة الابتكار أي نوع من الفائدة

النسبية (اقتصادية، أو اجتماعية أو غيرها) هو المهم للمُتبنين" (p. 212). وعليه لا توجد قائمة عامّة محدّدة سلفاً لأبعاد الفوائد النسبية، ويجب تحديد الأبعاد في كل سياق بعينه.

أبعاد الفائدة النسبة الأكثر أهمية التي ظهرت في دراستنا هي زمن الانتظار، وفترات المُتاحية، والمُلاءَمة و التكلفة. في الحقيقة، لقد ذكر جميع المستجيبين أن تقصير زمن الانتظار، أو الخدمة السريعة، هو واحد من أهم مزايا استعمال (HES). واستشعر العديد من الأفراد الفائدة في التوافر خارج ساعات العمل، عندما تكون عيادات الأطباء مقفلة. وبعضهم أشار إلى أن التوافر في هذه الأوقات جذّاب لأنه يمكّنهم ويمكّن أطفالهم من الحصول على خدمات الرعاية الصحية دون الاضطرار إلى التغيب عن العمل أو المدرسة:

"**يمكنك الحضور إلى هنا في أوقات أكثر مُلاءَمة. كانت هناك أوقات لم أرغب فيها بالتغيب عن العمل أو بتغيير مواعيدي فقط لمجرّد الحضور إلى الطبيب عند الساعة الرابعة من بعد الظهر**" .

"**ستحصل على المساعدة ليلاً. وللأولاد، إذا أصابهم اندفاع جلدي أو ما شابه، يمكنك الحصول على وصفة طبية بسرعة، فلا يُضطرّون إلى التغيب عن المدرسة**".

وأكثر من ذلك، أشار العديد من الأفراد إلى أن هذه الخدمة أكثر مُلاءَمة من غرفة الطوارئ أو عيادات أطبائهم.

"**سأستعمل (Health e-Station) لأنّها توفر بديلاً سريعاً وملائماً عن زيارة غرفة الطوارئ**".

وأخيراً، كان استشعار انخفاض تكلفة الخدمة بالمقارنة مع زيارة غرفة الطوارئ ميزة شائعة الذكر.

" **أفضّل استعمال هذا على غرفة الطوارئ لأنّه أرخص**".

ولقد كشفت أدبيات الرعاية الصحية النقاب عن كون هذه العوامل قد حُدّدت تجريبياً بصفتها بعضاً من أهم العوامل التي تتحكّم برضا المريض عن الخدمات الصحية (Andersen, 1995). وبهذه الصفة، نحن نقترح ما يلي:

H1a-H1d: المعتقدات المتعلقة بالفائدة النسبية الناجمة عن زمن الانتظار والتوفر والمُلاءَمة والتكلفة ستؤثر إيجابياً في الموقف تجاه تبني WITS في الحالات البسيطة.

التوافق

اعتماداً على تعريف (Rogers) للتوافق، يعرّف كاراهانا، أغاروال وأنغست (Karahanna, Agarwal, and Angst, 2006) التوافق بأنّه مفهوم متعدد الأبعاد يضم أربعة أبعاد: التوافق بالقيم، والتوافق مع الممارسات القائمة، والتوافق مع نمط العمل المُفضّل، والتوافق مع تجارب سابقة. ولقد ظهر البُعدان الأوّلان بصفتهما معتقدين بارزين في دراستنا.

بالنظر إلى الرعاية الصحية، عبّر بعض المستجيبين عن قيم قوية حول كيفية تقديم الرعاية الصحية. ولذلك، صار التوافق مع قيمهم حول تقديم الرعاية الصحية عاملاً مهماً في تحديد مواقفهم من الخدمة. فمثلاً، أشار بعض المستجيبين إلى أنهم اشتركوا في بعض تعاليم الاستشفاء الكلي. وبهذه الصفة، فإنهم يرون أنّ الرعاية المقدمة عبر WITS لا تتوافق مع قيم الاستشفاء الكلي التي يعتقدون بها. وقال بعض المستجيبين إنهم يقرنون استعمال WITS بإدامة الرعاية الصحية المتسرعة التي يقودها السعي وراء الربح.

"**هناك فصل واضح، بحيث لا تمكن رؤية الأشخاص بشكل كامل، أعتقد أنّه يقود الطب أبعد فأبعد عن التفاعل الحقيقي مع المريض**".

"إنّه أقرب إلى مقاربة الرعاية الصحية بأسلوب خط التجميع... أدخل المريض وأخرجه من دون أي صلة مع الطبيب. يمكن أن يشعر المريض بالخداع، أو اللاإنسانية أو أنّه قد اعُتدي عليه".

ومن ناحية أخرى، أوضح بعض المُستجيبين أنّهم يُفضلون الرعاية السريعة، وأنهم يرون هذا النوع من الرعاية متوافقاً مع أنماط معيشتهم. نموذجياً، لاحظ هؤلاء أن لديهم جداول انشغالية كثيفة، وفي بعض الحالات، يسافرون على نحو روتيني، ويعانون من صعوبة تحقيق اتصال مع ممارسي الرعاية الأولية.

"بالنسبة إليّ هذا أمرٌ رائع، ليس لدي طبيب خاصّ؛ فأنا أتنقّل كثيراً. وفي حالات بسيطة مثل إصابة في الأذن أو التهاب في الحلق، لا تحتاج إلاّ إلى وصفة طبية، هذا مفيد جداً".

إذاً، في ما يتعلّق بالتوافق، نقترح أنّه كلما زاد توافق WITS مع القيم القائمة وأنماط المعيشة، زادت المواقف الإيجابية نحو استعمال هذا المرفق:

H2a-H2b: المعتقدات المتعلقة بتوافق استعمال الطب من بعد مع قيم الرعاية الصحية والمعتقدات حول التوافق مع أنماط المعيشة ستؤثر إيجابياً في الموقف تجاه تبني WITS في الحالات البسيطة.

المعتقدات العرفية

ظهر نوعان من التأثير الاجتماعي : تأثيرات متعلقة بالأعراف تشير إلى التأثيرات التي تحفّز الأفراد على الإذعان إلى ما يتوقعه الآخرون، وتأثيرات متعلقة بالمعلومات (Bearden, Calcich, Netemeyer and Teel, 1986; Burnkrant and Cousineau, 1975, Karahanna and al., 1999) تشير إلى قبول المعلومات من الآخرين بصفتها دليلاً على الواقع.

التأثير العرفي

ظهرت مجموعتان مرجعيتان أساسيتان بصفتهما مصادر التأثير العرفي لتبني WITS: أفراد العائلة ومحترفو الرعاية الصحية. ذكر نسبة 73% من المستجيبين أنّ آراء أفراد عائلاتهم ف يما يخص تبني WITS تمثل اعتبارات مهمة. وأشار المستجيبون أيضاً إلى أن رأي مزوّد الرعاية الصحية الذي يُراجعونه (استحساناً أو رفضاً) سوف يؤثر في قرارهم بشأن التبني.

H3a: المعتقدات المتعلقة بآراء أفراد العائلة لها أثر إيجابي في العرف الذاتي المتعلق بتبني WITS في حالة الأمراض البسيطة.

H3b: المعتقدات المتعلقة بآراء محترفي الرعاية الصحية لها أثر إيجابي على العرف الذاتي المتعلق بتبني WITS في حالة الأمراض البسيطة.

التأثير المعلوماتي

يصاحب تبني ابتكارٍ ما الكثير من الشكوك والارتياب حول مواصفات الابتكار ونتائج تبنيه (Rogers, 1995). لذلك، يتفحص المتبنون المحتملون نوعين من المعلومات التي تؤدي إلى تخفيف الشكوك: **(أ)** معلومات لتحديد ماهية الابتكار، وماذا يفعل، ولماذا يعمل (معرفة المبادئ) و**(ب)** معلومات تقييم الابتكار حول مزايا الابتكار ومساوئه. وما إن تخفّض هذه النشاطات، الساعية وراء المعلومات، الشكوك حول النتائج المتوقعة من الابتكار إلى مستوى مقبول، حتى يؤخذ القرار المتعلق بالتبني أو الرفض.

ولذلك، تكون قنوات الاتصال مؤثرة جداً في توفير المعلومات حول WITS وفوائدها ومساوئها الكامنة. ولوسائل الإعلام تأثير أكبر في تجميع المعلومات حول الابتكار (WITS)، في حين للقنوات الشخصية تأثير قوي في سيرورة صنع القرار حول التبني أو عدمه (Agarwal and Prasad,1998; Brancheau and Wetherbe, 1990; Rai, 1995; Rogers, 1995). وبوجه عام، أشار المستجيبون إلى أنّ الاتصالات من كلا القناتين ستكون مؤثرة في قرارهم حول تبني WITS لأمراض بسيطة. وجرت الإشارة إلى تأثير تبادل الأحاديث في شبكات العلاقات الشخصية، وخصوصاً من أفراد استعملوا WITS، بصفته مصدراً مهماً للمعلومات التقييمية والمؤثرة في قرار التبني. وإضافة إلى ما سبق، فإنّ المصادر الإعلامية مثل قنوات الأخبار والآراء الخبيرة للمحترفين الصحيين، هي مصادر معلومات مؤثرة.

يؤثر بي الأشخاص الذين أعرفهم والذين استعملوا هذه العيادة من قبل. هذه هي الطريقة الوحيدة التي ستجعلني أستعمل هذه العيادة، عندما يعطيني أشخاص أعرفهم ردة فعل مُحبِّذة حول العيادة.

إذا ظهر إجماع في الحقل الطبي على كون هذا الأمر مُناسباً، ونقلت وسائل الإعلام جوانب إيجابية منه... يمكن لهذا أن يؤثر بي ويجعلني أستعمله.

H4a: سيؤثر التواصل الشخصي تأثيراً إيجابياً في العرف الذاتي المتعلق بتبني WITS في حالة الأمراض البسيطة.

H4b: ستؤثر وسائل الاتصال من أخبار ومصادر خبيرة تأثيراً إيجابياً في العرف الذاتي المتعلق بتبني WITS في حالة الأمراض البسيطة.

معتقدات السيطرة

جرى تحديد معتقدَي سيطرة بارزين: القُرب وتقبّل الضمان الصحي. ذكر المستجيبون أنّه كلما كانت عيادة WITS أقرب إلى موقعهم، كان أسهل عليهم زيارتها. وعلاوة على ذلك،

فإنّ قبول المرفق للتأمين الصحي للمستجيبين سيكون أساسياً في تحديد ما إذا كانوا سيتبنون الخدمة. ومع أنّ هذه الأخيرة تمثل جانباً من بيئة نظام الرعاية الصحية في BMHSU، ولكنه مُعتقَد سيطرة في نموذجنا لأنه سيثبط تبني المريض على الرغم من المعتقدات الإيجابية الأخرى والمزايا.

H5: يرتبط قُرب مرفق WITS إيجابياً في السيطرة السلوكية المُستَشعَرة في تبني WITS في حالة الأمراض البسيطة.

H6: سيؤثر قبول سياسة التأمين الصحي لمريض تأثيراً إيجابياً في السيطرة السلوكية المُستَشعَرة في تبني WITS في حالة الأمراض البسيطة.

الرضا عن بدائل الرعاية الصحية

يحدث تبني WITS للأمراض البسيطة في سياق بدائل أخرى. وبهذه الصفة، يتأثر استشعار الفائدة النسبية برضا المرء عن تلك البدائل. وتحديداً، رأى المستجيبون الذين كانوا راضين عن طبيبهم الأولي/ وكانت لديهم علاقة جيدة معه، القليل من المزايا، ولم يكونوا متحمسين لتبني WITS :

H7a: سيؤثر الرضا عن بدائل الرعاية الصحية تأثيراً سلبياً في موقف الفرد تجاه تبني WITS في حالة الأمراض البسيطة.

H7b: سيؤثر الرضا عن بدائل الرعاية الصحية تأثيراً سلبياً في الفائدة النسبية لـ WITS في حالة الأمراض البسيطة.

الارتياب في تقدير جديّة الحالة

أشار عددٌ من المستجيبين إلى أنّ طبيعة وضعهم الصحي ستؤثر في قرارهم حول استعمال WITS، ففي الوقت الذي وضعنا أسئلة بحثنا ضمن سياق الحالات الصحية البسيطة، عبّر بعض المستجيبين عن قلقهم لأنهم لن يكونوا قادرين على تقدير ما إذا كان

وضعهم الصحي بسيطاً أو جدّياً. أشار هؤلاء إلى أنهم سيستعملون WITS في الحالات البسيطة فقط عندما يكونون على ثقة في تقديرهم لمدى جدية حالتهم الصحية.

" **سأستعمله فقط عندما أستطيع تشخيص حالتي أو إذا كانت حالتي بسيطة**".

H8: الارتياب في تقدير مدى جديّة الحالة الصحية للمرء سيرتبط سلباً مع تبني WITS في حالة الأمراض البسيطة.

عوامل التقانة والثقة

مع أنّ تطبيقات التقانة يمكن أن تكون واعدة ومفيدة، ولكن التقانة ليست معصومة عن الخطأ؛ فمن دون شك، ستقع أخطاء في النظام، وانقطاع في التيار الكهربائي، وأعطال في البرمجية وهكذا. وأكثر من ذلك – في الطب من بُعد – تحدُّ التقانة من مدى الاتصال بين المريض والطبيب؛ ومن ثَمّ يكون الاتصال من بُعد أقلّ غنى من اللقاء وجهاً لوجه (Daft and Lengel, 1986). لاحظ العديد من المستجيبين أنّ الرعاية على أساس الطب من بُعد، بسبب طبيعتها نفسها، لا يمكن أن تكون شاملة كما هي حالة الرعاية التي يتولاها الطبيب شخصياً لأنّ الطبيب لا يكون قادراً على استعمال جميع حواسه في تقييم حالة المريض. بكلمات أخرى، عند استعمال الطب من بُعد، تكون حواس الطبيب البصرية والسمعية محدودة، ولا يمكنه الاستفادة من حاستي اللمس والشمّ في تقرير التشخيص الصحيح. سنناقش مجموعة العوامل هذه لاحقاً.

إمكانية التشخيص المُستشعَرة من الاستشارة الإلكترونية

نُدخِل مفهوماً جديداً، هو إمكانية التشخيص المُستشعرة من الاستشارة الإلكترونية، التي يمكن تعريفها بأنها القدرة المستشعَرة من تقانة الطب من بعد والمستعملين على إيصال معلومات تشخيص كافية إلى الأطباء تساعدهم في الفهم الدقيق للحالات الصحية للمرضى البعيدين وتقييمها. هذا المفهوم مُكيَّف من أدبيات التسويق، الذي جرت فيه

دراسة إمكانية التشخيص المُستشعرة للمُنتَج. إمكانيةُ التشخيص المُستشعرة للمُنتَج تشتمل على حكم الزبائن على تجارب المنتجات – أي المدى الذي يصله الزبائن في إدراكهم أنّ إجرائية تجريب المُنتَج تُفيد في إتاحة إمكانية تقييم المُنتجات ومواصفاتها النوعية (Kempf and Smith, 1998). في إطار إمكانية التشخيص المُستشعرة للاستشارة الإلكترونية، يقيّم الأطباء الأعراض المحددة والحالات الصحية للمرضى دون أن يكونوا موجودين "ليلمسوا وليتحسّسوا" المرضى؛ وبدلاً من ذلك يعتمدون على صور وأصوات تُنقل إليهم بواسطة التقانة. عبّر المستجيبون في هذه الدراسة عن قلقهم من قدرة الأطباء على تقديم تقييم عميق للمرضى بواسطة وسائط الطب من بُعد غير المُباشرة المُتأصّلة، ومن ثَمّ قدرتهم على التشخيص الصحيح لحالتهم.

"**ستبقى بحاجة إلى اللمسة الإنسانية عندما تتعامل مع الأطباء... فمع أنّه بإمكانك رؤية المرء، ولكنك أحياناً تحتاج إلى لمسه لتحديد ما إذا كان هناك تورّمٌ ما**".

"**قد لا يتمكن الطبيب من إعطاء تشخيص دقيق 100% في كل مرة لأنه محدود فقط برؤية صور الفيديو وسماع الصوت لتشخيص المشكلة**".

"**هذا ليس فحصاً كاملاً، فمع أنك ما تزال تستطيع أن ترى وتسمع... ولكن استعمال التقانة لن يجلب إليك جميع الأعراض، والأعراض الثانوية، والأعراض الكامنة المقترنة بمشكلتك الصحية**".

وباستعمال كلمات أحد المستجيبين، "التشخيص هو الجزء الأكثر أهمية في الزيارة". وبهذه الصفة، كانت إمكانية التشخيص المُستشعرة من الاستشارة الإلكترونية والهموم المتعلقة بغنى الوسائط المتعلقة بالعاملين الرابع والثالث من بين أكثر العوامل تكراراً التي تؤثر في تبني خدمة الطب من بُعد. يزور المرضى WITS للحصول على تشخيص للحالات الصحية البسيطة، فإذا استشعر المرضى أنهم يستطيعون الحصول على تشخيصات دقيقة، عندها سيمتلكون المزيد من التقييمات المُحبّذة لتبني WITS.

وبالمقابل، المرضى الذين يشكّون بحصولهم على تشخيصات دقيقة سيكون لهم مواقف سلبية من تبني WITS.

H9: سيكون لإمكانية التشخيص المُستشعرة من الاستشارة الإلكترونية تأثير إيجابي في الموقف تجاه تبني WITS في حالة الأمراض البسيطة.

غنى الوسائط

غنى الوسائط هو قدرتها على نقل معلومات غنية، وتعتمد على قدرتها على توفير استجابة راجعة آنية (Daft and Lengel, 1986; Daft, Lengel and Tervino, 1987) ونقل إشارات متعددة، مثل الوجود الاجتماعي، وانعطاف الصوت، وإشارات الجسد، والكلمات، والرموز البيانية؛ لتوفير تنوع لغوي (مثل، الأعداد واللغات الطبيعية)؛ ولتمكين نقل الأحاسيس الشخصية والمشاعر. ومع أنّ الوسائط تمتلك مستوى موضوعياً من الغنى، ويمكن أن يُستَشعَر هذا بين الأفراد على نحو متباين، وعليه فإن تركيزنا هو على الغنى المُستَشْعَر للوسائط (Carlson and Zmud, 1999).

تُمكّن تقانة الطب من بُعد من الحصول على استجابة راجعة آنية بالإضافة إلى تنوع اللغة بنفس القدر الذي يتيحه اللقاء وجهاً لوجه مع الطبيب. وعليه، ليس من المُفاجئ أن يُحدد المستجيبون الإشارات المتعددة والقدرة على نقل المشاعر بصفتها عوامل بارزة. وتحديداً، لقد ذُكر الوجود الاجتماعي، وتوافر الإشارات الحسيّة، والتفاعل الشخصي مع الطبيب بصفتها تمثّل قصورات شائعة لتقانة الطب من بُعد ومصادر للقلق.

"**قد لا يرى الطبيب أشياء دقيقة حسّاسة يمكن أن يراها شخصياً... أسلوب حديث المرضى وغيره من الأشياء**".

"**لا يمكن للطبيب أن يرى كيف يشعر المريض فعلياً. اللقاء المباشر مختلف**".

إنّ المدى الذي يستشعر فيه المرضى غنى وسائط الطب من بُعد سيؤثر في استشعار المرضى لإمكانية التشخيص في الاستشارة الإلكترونية لأنّ التقانة تحدّ من الإشارات المتوافرة للتشخيص:

"قد لا يتمكن الطبيب من إعطاء تشخيص دقيق 100% في كل مرة لأنه محدود فقط برؤية صور الفيديو وسماع الصوت لتشخيص المشكلة، وذلك في مقابل الطرائق المرئية والسمعية واللمسيّة والشمّية".

H10: سيؤثر استشعار غنى الوسائط إيجابياً في إمكانية التشخيص المُستشعرة من الاستشارة الإلكترونية.

معتقدات الثقة بالتقانة: جودة النظام

لمّا كان التشخيص يجري بواسطة التقانة، تظهر جودة نظام الطب من بُعد في تسهيل التبادل الفعلي بين المريض والطبيب وتشخيص الحالة. وبهذه الصفة، كانت الهموم المتعلقة بالنظام تمثل اعتبارات مهمة من قبل المستجيبين. ومع أن الأدبيات تقترح أبعاداً متنوعة لجودة النظام (DeLone and McLean, 1992)، ركّز المستجيبون على الوثوقية، والدقة، وإمكان الاعتماد عليه، ووظيفية التقانة.

"**فقط لأنك تعتمد على التقانة، يمكن لهذه الأشياء أن تتعطّل أحياناً أو لا تُظهِر صورة جيدة أو لا تحصل على استقبال جيد**".

"**يمكن لكل هذه الغرفة أن تخطئ عندما تتعامل مع التقانة. لا أعتقد أنّ التقانة ستعمل بشكل جيد**".

عند الحديث عن الهموم المتعلقة بجودة النظام، قال المستجيبون إنّهم لا يثقون بالتقانة.

"أنا لا أثق بهذه الآلات... إنّك تُخاطر بالاعتماد على الآلات وعلى التقنيين. ماذا لو كانت الصور مختلفة – لم تكن الصور جيدة النوعية، أو لم تُرسَل تماماً كما هي؟"

لقد جرى تعريف الثقة بالتقانة بأنّه مدى ثقة المستعمل بالتقانة ورغبته بالاعتماد عليها (Lankton and McKnight, 2008; Madsen and Gregor, 2000) وهي مؤسسة على معتقدات الثقة من التمكّن والخيرية والاستقامة أو النزاهة (Wang and Benbasat, 2005)، وإمكان التنبؤ بها، والاعتماد عليها، والإيمان، والكفاية والمسؤولية والوثوقية (Muir and Moray,1996). تُشبه معتقدات الثقة هذه أبعاد جودة النظام التي حددها مستجيبونا (مثلاً، الدقة والوثوقية وإمكانية الاعتماد عليه، والوظيفية). وفي بعض التعليقات، كانت المعتقدات حول جودة النظام مرتبطة بأسلوب يصعب فصله مع التعليقات حول الثقة بالتقانة. لذلك، في سياق الطب من بُعد، تشير معتقدات الثقة بالتقانة إلى معتقدات حول جودة النظام. وبالإضافة إلى ذلك، كما أشار المستجيبون، تؤثر معتقداتهم حول وثوقية النظام ودقته ووظيفيته باستشعارهم لإمكانية التشخيص في الاستشارة الإلكترونية:

"تحدّ التقانة من مدى التشخيصات والاختبارات التي يمكن إجراؤها من بُعد".

"نظراً إلى كونه يميل أكثر نحو التقانة، هذا المركز هو أحدث ما وصلت إليه التقانات، وأدوات التشخيص، والمعلومات... وهذا يعني رعاية أفضل".

H11: ستؤثر المعتقدات حول جودة النظام إيجابياً في إمكانية التشخيص المُستشعرة من الاستشارة الإلكترونية.

معتقدات الثقة: المزوّدون

من المعقول أن يؤثر القلق حول الصحة الشخصية للمرء في استشعار المتبنين المحتملين للخطر من استعمال WITS، ويجعل في النهاية من الثقة اعتباراً بارزاً عند تبني WITS.

جرى تعريف الثقة بأنّها معتقدات الثقة لدى المرء بقدرة الموثوق به، أو ما هو موضوع الثقة، وخيريّته ونزاهته (Mayer, Davis and Schoorman, 1995). تشير القدرة إلى الكفاءة التي يملكها الموثوق به لأداء المهمة. وتعكس الخيريّة، رغبته ورضاه وحماسته، أي إلى أي مدى لن يحاول الموثوق به الاستفادة من هذه الثقة لمصلحته ويعمل كمن يستغل الفرصة. وتشير النزاهة إلى أن الموثوق به سيلتزم بالمبادئ التي يستشعر الواثق أنها مقبولة لديه.

أشار المستجيبون إلى ثلاث مجموعات من مزوّدي الرعاية الصحية مرتبطين بمرفق WITS: الأطباء، والموظفون في المكتب، والتقنيون. ولكن، ظهرت المعتقدات المتعلقة بقدرات التقنيين فقط بصفتها معتقدات بارزة. لأنّ التقني هو الذي يتفاعل مع المريض وجهاً لوجه وينسّق الاتصال بين المريض والطبيب، تثير قضايا الثقة بالتقنيين، أكثر من غيرها، المزيد من القلق لدى المرضى. من دون خبرة التقنيين، يمكن ألاّ يحدث التفاعل بين المريض والطبيب بشكل صحيح. ومن المثير للاهتمام أن نلاحظ أنّ المستجيبين لم يعبروا عن أي قلق حول قدرة الأطباء أو خيريتهم أو نزاهتهم، ولا عن خيريّة التقنيين أو نزاهتهم.

"**أنت أساساً تقع تحت رحمة تقنيّك، لذلك فهم يحتاجون لأن يكونوا مدرّبين تدريباً جيداً ومُحفّزين**".

"**ماذا لو قاس لك التقني قياساً خطأً أو لم ينتبه إلى شيء ما؟ أَيعرفون ماذا يفعلون؟**"

H12: ستؤثر معتقدات الثقة في قدرات التقنيين تأثيراً إيجابياً في الموقف تجاه تبني WITS في حالة الأمراض البسيطة.

الثقة المؤسساتية

تُعرّف الثقة المؤسساتية أو الثقة على أساس المؤسسة (IBT)، بأنّها إدراكُ أنّ البنى المجرّدة أو الموضوعية موجودة لحماية الأفراد (Shapiro, 1987) وهي سابقة لمعتقدات الثقة (McKnight, Cummings and Chervany, 1998). هناك نوعان من IBT: طبيعيّة الحالة والضمانات البنيوية (McKnight et al., 1998). تُشير طبيعيّة الحالة إلى الشعور بأن الحالة مُعتادة ومتوقعة وتزرع الثقة بأن الصفقة ستكون ناجحة (Baier,1986;Lewis and Weigert, 1985) يُطمئن هذا الأشخاص بأنّ كلّ شيء موضوع كما يجب في إطاره الصحيح، وأنّ فهماً مشتركاً لما يحدث موجودٌ ماك نايت وآخرون و زوكر (McKnight et al., 1998; Zucker, 1986). وتشير الضمانات البنيوية إلى شبكات الأمان (مثل التعليمات، والضمانات، اللجوء إلى القانون، والعقود) التي تضعها المؤسسة لحماية الأفراد (McKnight et al.,1998; Shapiro, 1987; Zucker, 1986). إنّ إدراك إجراءات الحماية المؤسساتية في مرفق WITS سيزيد الثقة بكل من مزوّدي الرعاية الصحية والتقانة.

طبيعية الحالةٍ

المستجيبون الذين وافقوا باستحسان على تبني WITS لاحظوا تحديداً أنّ زيارة WITS لم تبدُ مختلفة كثيراً عن زيارة مُعتادة للطبيب أو لغرفة الطوارئ. وبالمقابل، لاحظ المستجيبون الذين كانوا مشككين في فاعلية WITS أنّ "طبيعية الحالة" ضعيفة.

"**إنني سأستعملها لأنها لا تبدو مختلفة جداً عن زيارة عادية إلى الطبيب. الاختلاف الوحيد هو أنّ الطبيب ليس هناك معك. ولكن إذا تحدّثتَ إلى الطبيب على الكَمِرة، أو أمام الشاشة، سيبقى الطبيب قادراً على تشخيص ما يجري معك**".

"**إذا كان الشخص الذي يُدير تجهيزات الطب من بُعد مجرد تقني بدلاً من كونه مدرّباً في الطب، فسأكون متردداً أكثر في الاعتقاد أنّ هذا يماثل زيارة الطبيب**".

وعليه، مادام المرضى يستشعرون WITS كنوع مشابه لنماذج تقديم الرعاية الصحية الأخرى، فإنهم سيُظهرون ثقة متزايدة بالمزوّدين وبنظام الطب من بُعد.

H13a: ستؤثر "طبيعية الحالة " تأثيراً إيجابياً في معتقدات الثقة تجاه المزوّدين.

H13b: ستؤثر "طبيعية الحالة" تأثيراً إيجابياً في معتقدات الثقة تجاه جودة النظام.

الضمانات البنيوية

أشار المستجيبون إلى عدّة قضايا تتعلق بالضمانات البنيوية. فمثلاً، لأن HES لا تتضمن ممرضات أو أطباء بين موظفيها، ولا تمتلك طيفاً واسعاً من الموارد التقانية الطبية التي نجدها في مشفى لمعالجة الحالات الجدية، اقترح بعض المستجيبين أنّ سوء تشخيص بعض المرضى لمدى جديّة الأعراض التي يعانون منها قد يؤدي إلى نتائج وخيمة. لذلك، أشار المستجيبون أنهم سيثقون أكثر في WITS للحالات البسيطة إذا توافرت موارد وضمانات مُناسبة لحماية المرضى الذين يعانون من أوضاع صحية جدية غير متوقعة. وهناك أمثلة أخرى على ضمانات بنيوية ذُكرت تشتمل على القلق المتعلق بأمان المعلومات والأمان الفيزيائي. وعبّر بعض المستجيبين عن شكوكهم في أنّ التقانة المؤسّسة على أساس الشبكة يجب أن تكون على قناة آمنة لحماية خصوصيّة المرضى.

"**إنّه مفتوح تماماً للغش مع شركات التأمين. ما أسهل القرصنة على الإنترنت، ما الذي يُثبتُ أنّ أحدهم ذهب إلى العيادة وشاهد طبيباً؟** "

"**قد يقلق العديد من الأشخاص حول مسائل الخصوصية... لأنّ المعلومات تنتقل عبر تقانة الشبكات، فهي إذن ليست خاصّة**".

بوجود ضمانات بنيوية، سيُبدي المرضى مستويات أعلى من الثقة بمزوّديهم وبنظام الطب من بُعد. في ما يتعلّق بالمزوّدين، مثلاً، إذا كان ضمان الجودة موجوداً، كان من المعقول أكثر أن يعتقد المرضى أنّ المزوّدين يمتلكون الكفاية، والخيرية والنزاهة.

وبالمثل، بوجود أنظمة حماية وإجراءات لتفادي قرصنة النظام أو توقفه عن العمل سيكون المرضى أكثر إيماناً بجودة نظام الطب من بُعد.

H14a: ستؤثر الضمانات البنيوية تأثيراً إيجابياً في معتقدات الثقة تجاه المزوّدين.

H14b: ستؤثر الضمانات البنيوية تأثيراً إيجابياً في معتقدات الثقة تجاه جودة النظام.

الفروقات الفردية

ظهرت مجموعتان من الفروقات الفردية ذات الصلة في المُقابلات : مميزات ديموغرافية وحبّ الابتكار بصفته سمة شخصية. أشار المستجيبون إلى أنّ الأفراد الأصغر سناً قد يكونون أكثر ميلاً إلى التبني، ربما لكونهم أكثر انفتاحاً على الابتكارات التقانية موريس و فنكاتيش (Morris and Venkatesh, 200). وإضافة إلى ذلك، قد يجد الأشخاص في المناطق الريفية، من أصحاب الدخول المنخفضة، أنّ النفاذ المُحسّن إلى الرعاية الصحية وانخفاض التكاليف أكثر جاذبية لهم من الأشخاص الذين يملكون نفاذاً (جغرافياً ومالياً) أفضل إلى خدمات بديلة. وأخيراً، كان المستجيبون، الذين ينظرون إلى أنفسهم على أنهم محبين للابتكار، متحمسين لإمكانية تجريب WITS على أقل تقدير. لقد جرى إثبات أنّ حبّ الابتكار في تقانة المعلومات (رغبة وحماسة المرء لتجريب أي تقانة معلوماتية) هو عامل مهمّ في قرارات تبني التقانة بسبب تأثيره على المعتقدات البارزة (Agarwal and Prasad, 1998).

"**ما كنت لأذهب إلى المحطة الصحية الإلكترونية HES. إنها جديدة جداً. التجربة الأولى مُخاطرة إلى درجة أنني لا أريد القيام بها، ما لم يجرِ إثباتها**".

"**التقانة مثيرة جداً للاهتمام، حقيقة أنك تستطيع رؤية تصوير حلقك أو غشاء طبل أذنك... هذا ابتكار مثير. الآن لا أتعرّض للمرض كثيراً. ولكنني سأذهب إلى هناك بدافع الفضول** ".

H15a: سيؤثر حب الابتكارات التقانية تأثيراً إيجابياً في المعتقدات السلوكية تجاه تبني WITS في حالة الأمراض البسيطة.

H15b: سيؤثر حب الابتكارات التقانية تأثيراً إيجابياً في معتقدات الثقة تجاه جودة النظام.

ومع أننا لا نصوغ فرضيات تتعلّق بالمتغيرات الديموغرافية، فإننا نُضمّنها في نموذجنا لنسلّط الضوء على حقيقة أنّ المتغيرات الديموغرافية مثل العمر والجغرافية والوضع الاجتماعي الاقتصادي هي على الأرجح عوامل مؤثرة تقود إلى تقبّل المرضى لخدمات الطب من بُعد.

نقاط القصور

لهذه الدراسة، مثل أي بحث، نقاط قصور. فمع أنّ عيّنتنا كانت متنوعة من حيث العمر والجنس والعرق والتعلّم، والحالة الاجتماعية والاقتصادية، ولكنها قد لا تكون تمثيليّة تمثيلاً كاملاً، وبهذه الصفة، يجب تفسير قابلية تعميم اكتشافاتها بحذر. فمثلاً، لم تشمل عينتنا أفراداً حالتهم الاجتماعية الاقتصادية منخفضة، وليس لديهم تأميناً صحياً، وأعمارهم تفوق 65؛ فقد تظهر تحديات إضافية عند هذه المجموعات.

في الوقت الذي كانت فيه مُعظم المعطيات قد جُمعت في مُقابلات وجهاً لوجه، فقد جرى استعمال الهاتف والبريد الإلكتروني مع ستة مستجيبين. ومع أنّ تفحّص الإجابات لم يُظهر اختلافات في أنواع المعتقدات المُستنبطة، لا يمكننا بشكل حاسم أن نتوثق من عدم وجود اختلاف في الإجابات عائد إلى الطرائق. ولكن لما كان الهدف هو استنباط المعتقدات البارزة، فإنّ استعمال طرائق متعددة لا يهدّد صحة النتائج. بالإضافة إلى ما سبق، كانت خدمة الطب من بُعد التي ركزنا عليها هي HES. وعليه، لا يمكن تعميم نتائج هذه الدراسة على تقبّل خدمات أخرى للطب من بُعد، في حال اختلافها اختلافاً جوهرياً عن HES.

وعلاوة على ذلك، تشتمل منهجيتنا على عرض مقطع فيديو عن HES أمام المتبنين المحتملين بحيث ينقل آراء خبراء تشمل مزايا ومساوئ هذه الخدمة للطب من بُعد. ومع أنّ هذا كان ضرورياً بسبب حداثة التطبيق ولأن أحداً من المستجيبين لم يكن على اطلاع على الخدمات المباشرة للطب من بُعد، يمكن لآراء الخبراء هذه أن تكون قد سببت انحيازاً في معتقدات المستجيبين التي ذُكرت بشأن WITS في حالة الأمراض البسيطة. من المحتمل أن يكون المستجيبون قد تأثروا بالمعتقدات المستنبطة، ليس فقط بوصف المرفق وكيفية عمله لتشخيص الحالات الطبية البسيطة، بل أيضاً بالخبراء الذين عرضوا أراءهم: واحدٌ مع WITS (وتحديداً HES) وآخر ضده. وعليه، فقد تكون بعض المعتقدات مثل، زمن الانتظار، والتكلفة، والشكوك حول تقييم مدى جدية الحالة، قد أصبحت، بنتيجة ذلك، أكثر بروزاً في هذه الدراسة وصارت تكرارات ورودها أعلى مما يجب. مع أنّ هذا ليس بعيداً عن كيفية تكوّن المعتقدات التي تسبق التبني – أي إنّ وسائل الإعلام والشبكات الشخصية تؤدي دوراً في تشكيل المعتقدات (Rogers, 1995) – يجب أن يُختبر النموذج المطوّر في هذه الدراسة تجريبياً على متبنين محتملين أخذوا علماً بـ WITS بواسطة وسائل أخرى، ويجب أيضاً أن يُختبر النموذج على مستعملين لـ WITS في الحالات البسيطة من أصحاب الخبرة المباشرة مع الخدمة، لأنّ سوابق التبني والاستعمال المتكرر قد لا تكون متماثلة بالضرورة (Karahanna et al., 1999).

المناقشة وتوجهات للأبحاث المستقبلية

زوّدتنا هذه الدراسة برؤى حول سوابق تقبّل المرضى لـ WITS في الحالات البسيطة. وفي الوقت الذي أعربت فيه أكثرية بسيطة (n=15,52%) عن أنّها ستستعمل WITS، أشارت قلّة (n=4, 14%) إلى أنهم لن يستعملوه أبداً. وعلاوة على ذلك، كان هناك عدة مستجيبين (n=10, 35%) حدّدوا أنهم سيستعملون WITS فقط إذا تحققت بعض الشروط (مثلاً، إذا قبل مرفق WITS خطة تأمينهم الصحي، أو إذا كان باستطاعتهم إجراء تشخيص ذاتي لحالتهم، أو إذا لم يتمكنوا من رؤية طبيبهم الخاص خلال فترة زمنية معقولة، وغيرها)،

مما يشير إلى أنّ العديد من المستجيبين ليسوا جاهزين لتقبّل الاستشارات الإلكترونية بصفتها بديلاً عن الاستشارات وجهاً لوجه، إذا كان الخيار الأخير مُتاحاً بيسر. وبالفعل، فإنّ الإغلاق اللاحق للمحطة الصحية الإلكترونية HES إضافة إلى ست عيادات في هيوستون هو انعكاس لعدم الجاهزية هذه، ويُسلّط الضوء على أهمية فهم الأسباب التي تقف وراء مُمانعة المرضى لاستعمال هذه العيادات. وتُعدّ اكتشافات دراستنا خطوةً في هذا الاتجاه.

وتحديداً، برزت إمكانية التشخيص المُستشعرة في الاستشارات الإلكترونية، واستشعار الفوائد النسبية، والتوافق، والثقة في التقانة وبالمزودين، والضمانات المؤسساتية، بصفتها معتقدات سلوكية بارزة مهمة. وبرز قُرب العيادة وقبول الضمان الصحي بصفتهما معتقدي سيطرة بارزين، في حين كانت التأثيرات العرفية والمعلوماتية مصادر مهمة للتأثير الاجتماعي. وجرى تحديد سوابق أخرى تشمل الاختلافات الفردية في العمر، والحالة الاجتماعية الاقتصادية، والموقع الجغرافي بالإضافة إلى حبّ الابتكار بصفته سمة شخصية، ورضا الفرد عن مزود الرعاية الصحية المحلّي.

تقترح الدراسات الموجودة حول تقبل التقانة أنّ الفائدة المُستشعرة (أو الميزة النسبية بدلالة الكفاية والفاعلية، وسهولة الاستعمال، والتوافق مع نمط العمل، والتأثير الاجتماعي هي مُحددات مفتاحية لتقبّل التقانة (للتركيب ,Venkatesh, Morris, Davis and Davis) (2003). تُسلط نتائج دراستنا الضوء على أنّه مع وجود بعض نقاط التشابه، ولكن يستتبع تقبل المريض لتقانة الطب من بُعد بعض السوابق الفريدة. تحديداً، ظهرت إمكانية التشخيص المُستشعرة في الاستشارات الإلكترونية بصفتها مصدر قلق مركزي للمتبنين المحتملين. واستناداً إلى المُخاطرة الشخصية المحتملة التي تستتبع قرارات الرعاية الصحية، وطبيعة التفاعلات مع الطبيب بواسطة التقانة، أشار المتبنون المحتملون إلى قلقهم من فعالية التقانة في تمكين تشخيص حالتهم الصحية. نتجت مصادر القلق هذه من شعورهم أنّ التقانة لم تكن غنية بما يكفي لتسمح بتمرير إشارات اللمس والشعور

الضرورية عند التشخيص، بالإضافة إلى الأسئلة حول الثقة بالتقانة لتكون دقيقة وموثوقة. ومع دخول المزيد من خدمات الرعاية الصحية التي تتوسط فيها التقانة، والأخطار الوخيمة التي يمكن أن تنتج من التشخيص الخاطئ، سيستمر مفهوم إمكانية التشخيص المُستشعرة في الاستشارات الإلكترونية باحتلال الموقع المركزي للقلق عند تقبّل المرضى للتقانة. وبهذه الصفة، يجب أن تُركّز الأبحاث المستقبلية على تطوير مقاييس لهذا المفهوم بالإضافة إلى سوابقه ونتائجه.

وكذلك، لقد تجلّت المُخاطرة الشخصية الأعلى المقترنة بقرارات الرعاية الصحية في ظهور سوابق إضافية على أساس الثقة لتقبّل المرضى. وجرى تحديد نوعين من الثقة المؤسساتية: الضمانات البنيوية، وطبيعية الحالة، بالإضافة إلى معتقدات الثقة بالمزوّد بصفتها عوامل مهمة. وعليه، لبناء الثقة، وخصوصاً في البدء، يجب أن تُشبه خدمات الطب من بُعد غيرها من خدمات الرعاية الصحية الاحترافية، وأن تستعمل إجراءات مُشابهة. واشتملت التطمينات البنيوية البارزة على ضمانات حول أمان المعلومات وخصوصيتها، وحمايات لضمان المعالجة الصحيحة للحالات الطبية الأكثر جدية. يبدو أنّ وجود ضمانات، ومتابعات قانونية، وحمايات يمثل آلية مركزية لبناء الثقة، وأسلوباً مهماً لخفض الشعور بالمُخاطرة. يجب أن تُحدّد الأبحاث المستقبلية تطمينات بنيوية محددة أخرى يمكنها بناء الثقة في خدمات الطب من بُعد.

إضافة إلى ما سبق، في الوقت الذي تفترض نظرية انتشار الابتكار أنّ الفائدة النسبية هي مُحدد مهمّ للتبني روجرز، تورناتزكي و كلاين (Rogers, 1995; Tornatzky and Klein, 1982)، ولكنها لا تحدد الأبعاد المهمة للفائدة النسبية التي تكون بارزة في كل سياق. تقترح دراستنا أن المتبنين المحتملين يستشعرون الفائدة النسبية في أزمنة الانتظار، وساعات التوافر، والمُلاءَمة والتكلفة. تعكس هذه الفوائد إحباطات المرضى الحالية الناتجة من البدائل الموجودة في الولايات المتحدة. يمكن أن تظهر أبعاد مختلفة أو إضافية في بلدان أخرى حيث تكون ساعات عمل الأطباء مثلاً أكثر مُلاءَمة للمرضى، أو حيث يقوم

الأطباء بزيارات منزلية. بهذه الصفة، مع أنّ النموذج يقترح أن الفائدة النسبية هي مُحدد أساسي للتبني، ولكن من المُرجّح أن تكون أبعادها تابعة للبلد. تحديد هذه الأبعاد وبحث إمكانية تعميمها بين البلدان هو اتجاه بحث مستقبلي غني.

تقدّم هذه الدراسة ثلاث مساهمات نظرية وعملية مهمّة. أولاً، طوّرنا باستعمال كل من الاعتقاد والاستنباط، ومُقادين بالنظرية، نموذجاً لتقبل المرضى لـ WITS في الحالات البسيطة. يجب على الأبحاث المستقبلية أن تختبر تجريبياً نموذج البحث الناتج لتأكيده، ثُم لتطوير وتمحيص شبكته المنطقية. ركّز هذا البحث على تحديد المعتقدات السابقة للتبني. يجب على الأبحاث المستقبلية أن تتفحص كيف تتغير المعتقدات مع مرور الزمن، وأن تُحدّد المعتقدات التي تقود إلى استعمال مستمر لـ WITS. وثانياً، ولقد طوّرنا إمكانية التشخيص المُستشعَرَة من الاستشارة الإلكترونية بصفتها مفهوماً مهماً في الشبكة المنطقية التي تقود إلى تقبّل المريض وحددنا سوابقها. تظهر إمكانية التشخيص المُستشعَرَة من الاستشارة الإلكترونية بسبب طبيعة تشخيصات الطب من بُعد التي تتوسط فيها التقانة. ومع نمو خدمات الطب من بُعد، نتوقع أن يصبح هذا البناء مهمّاً للأكاديميين وللممارسين في المعلوماتية الصحية. وأخيراً، من وُجهة النظر العملية، وبسبب الفشل اللاحق لعيادات الطب من بُعد هذه، تُوَفّر العوامل المُحدَّدة في النموذج رافعةً للمُمارسين عند تصميم أنظمة الطب من بُعد وتتجيزها، وعند بذل الجهود التسويقية لتحسين تقبّل خدمات الطب من بُعد وزيادة احتمال نجاح هذه الجهود.

شكر

كان هذا البحث مدعوماً من منحة (Terry-Stanford) من كلية (Terry College of Business)، في جامعة جورجيا.

المراجع

Afilalo, J., Marinovich, A., Afilalo, M., Colacone, A., Léger, R., and Unger, B. (2004). Nonurgent emergency department patient characteristics and barriers to primary care. *Academic Emergency Medicine*, 11(12), 1302–1310. doi:10.1111/j.1553-2712.2004.tb01918.x

Agarwal, R., and Prasad, J. (1998). A conceptual and operational definition of personal innovativeness in the domain of Information Technology. *Information Systems Research*, 9(2), 204–215. doi:10.1287/isre.9.2.204

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. doi:10.1016/0749-5978(91) 90020-T

Ajzen, I., and Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Andersen, R. M. (1995). Revisiting the behavioural model and access to medical care: Does it matter? *Journal of Health and Social Behavior*, 36(1), 1–10. doi:10.2307/213728

Andersen, R. M., and Newman, J. F. (1973). Societal and individual determinants of medical care utilization in the United States. *The Milbank Memorial Fund Quarterly. Health and Society*, 51(1), 95–124. doi:10.2307/ 3349613

Anonymous. (2008). *A doctor's visit is just a click away*. Retrieved on November 15, 2010, from http://video.msn.com/v/us/msnbc.htm?g=5e52a295-85e6-4c60-8037-9ef7975b3ef4andf=00andfg

Baier, A. (1986). Trust and antitrust. *Ethics*, 96(2), 231–260. doi:10.1086/ 292745

Bearden, W. O., Netemeyer, R. G., and Teel, J. E. (1989). Measurement of consumer susceptibility to interpersonal influence. *The Journal of Consumer Research*, 15(4), 473. doi:10.1086/209186

Brancheau, J. C., and Wetherbe, J. C. (1990). The adoption of spreadsheet software: Testing innovation diffusion theory in the context of end-user

computing. *Information Systems Research*, 1(2), 115–143. doi:10.1287/isre.1.2.115

Brennan, D. M., Holtz, B. E., Chumbler, N. R., Kobb, R., and Rabinowitz, T. (2008). Visioning technology for the future of telehealth. *Telemedicine and E-Health*, 14(9), 982–985. doi:10.1089/tmj.2008.0116

Burnkrant, R. E., and Cousineau, A. (1975). Informational and normative social influence on buyer behavior. *The Journal of Consumer Research*, 2(3), 206–215. doi:10.1086/208633

Carlson, J. R., and Zmud, R. W. (1999). Channel expansion theory and the experiential nature of media richness perceptions. *Academy of Management Journal*, 42(2), 153–170. doi:10.2307/257090

Daft, R. L., and Lengel, R. H. (1986). Organizational information requirements, media richness and structural design. *Management Science*, 32(5), 554–571. doi:10.1287/mnsc.32.5.554

Daft, R. L., Lengel, R. H., and Trevino, L. K. (1987). Message equivocality, media selection, and manager performance: Implications for Information Systems. *Management Information Systems Quarterly*, 11(3), 354–366. doi:10.2307/248682

DeLone, W. H., and McLean, E. R. (1992). Information Systems success: The quest for the dependent variable. *Information Systems Research*, 3(1), 60–95. doi:10.1287/isre.3.1.60

Gagnon, M.-P., Godin, G., Gagne, C., Fortin, J.-P., Lamothe, L., and Reinharz, D. (2003). An adaptation of the theory of interpersonal behaviour to the study of telemedicine adoption by physicians. *International Journal of Medical Informatics*, 71(2-3),103–115. doi:10.1016/S1386-5056(03)00094-7

Glaser, B. G., and Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory*. Chicago, IL: Aldine.

Health e-station. (2006). Retrieved from http://www.healthestation.com/

Howard, M. S., Davis, B. A., Anderson, C., Cherry, D., Koller, P., and Shelton, D. (2008). Patients' perspective on choosing the emergency department for nonurgent medical care: A qualitative study exploring one

reason for overcrowding. *Journal of Emergency Nursing: JEN*, 31(5), 429–435. doi:10.1016/j.jen.2005.06.023

Karahanna, E., Agarwal, R., and Angst, C. M. (2006). Reconceptualizing compatibility beliefs in technology acceptance research. *Management Information Systems Quarterly*, 30(4), 781–804.

Karahanna, E., Straub, D. W., and Chervany, N. L. (1999). Information Technology adoption across time: A cross-sectional comparison of preadoption and post-adoption beliefs. *Management Information Systems Quarterly*, 23(2), 183–213. doi:10.2307/249751

Kempf, D. S., and Smith, R. E. (1998). Consumer processing of product trial and the influence of prior advertising: A structural modeling approach. *JMR, Journal of Marketing Research*, 35(3), 325–338. doi:10.2307/3152031

Lankton, N., and McKnight, H. (2008). *Incorporating trust in technology into expectation disconfirmation theory* (working paper). East Lansing, MI: Michigan State University.

Lehoux, P., Sicotte, C., Denis, J. L., Berg, M., and Lacroix, A. (2002). The theory of use behind telemedicine: How compatible with physicians' clinical routines? *Social Science and Medicine*, 54(6), 889–904. doi:10.1016/S0277-9536(01)00063-6

LeRouge, C., Hevner, A. R., and Collins, R. W. (2007). It's more than just use: An exploration of telemedicine use quality. *Decision Support Systems*, 43(4), 1287–1304. doi:10.1016/j.dss.2006.02.007

Lewis, J. D., and Weigert, A. (1985). Trust as a social reality. *Social Forces*, 63(4), 967–985.doi:10.2307/2578601

Madsen, M., and Gregor, S. (2000). Measuring human-computer trust. In *Proceedings of the 11th Australian Conference on Information Systems*. Brisbane, Queensland.

Mair, F., and Whitten, P. (2000). Systematic review of studies of patient satisfaction with telemedicine. *British Medical Journal*, 320(7248), 1517–1520. doi:10.1136/bmj.320.7248.1517

Mayer, R. C., Davis, J. H., and Schoorman, F. D. (1995). An integrative model of organizational trust. *Academy of Management Review*, 20(3), 709–734.

McKnight, D. H., Cummings, L. L., and Chervany, N. L. (1998). Initial trust formation in new organizational relationships. *Academy of Management Review,* 23(3), 473–490.

Menachemi, N., Burke, D., and Ayers, D. (2004). Factors affecting the adoption of telemedicine—A multiple adopter perspective. *Journal of Medical Systems*, 28(6), 617–632. doi:10.1023/B:JOMS.0000044964.49821.df

Merrill, M. (2008). Houston-area Wal-Marts to offer telemedicine clinics. *Healthcare IT News*. Retrieved from http://www.healthcareitnews.com/news/houston-area-wal-marts-offer-telemedicine-clinics?page=0,1

Moore, G. C., and Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an Information Technology innovation. *Information Systems Research*, 2(3), 192–222. doi:10.1287/isre.2.3.192

Morris, M. G., and Venkatesh, V. (2000). Age differences in technology adoption decisions: Implications for a changing work force. *Personnel Psychology*, 53(2), 375–403.doi:10.1111/j.1744-6570.2000.tb00206.x

Muir, B. M., and Moray, N. (1996). Trust in automation. Part II. Experimental studies of trust and human intervention in a process control simulation. *Ergonomics*, 39(3), 429–460. doi:10.1080/00140139608964474

Pavlou, P. A., and Fygenson, M. (2006). Understanding and predicting electronic commerce adoption: An extension of the theory of planned behavior. *Management Information Systems Quarterly*, 30(1), 115–143.

Rai, A. (1995). External information source and channel effectiveness and the diffusion of CASE innovations: An empirical study. *European Journal of Information Systems*, 4(2), 93–102. doi:10.1057/ejis.1995.11

Rogers, E. (1995). *Diffusion of innovations*. New York, NY: Free Press.

Shapiro, S. P. (1987). The social control of impersonal trust. *American Journal of Sociology*, 93(3), 623–658. doi:10.1086/228791

Taylor, S., and Todd, P. A. (1995). Understanding Information Technology usage: A test of competing models. *Information Systems Research*, 6(2), 144–176. doi:10.1287/isre.6.2.144

Tornatsky, L., and Klein, K. (1982). Innovation characteristics and innovation-adoption implementation: A meta-analysis of findings. *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-29(1), 28–45.

Truffer, C., Keehan, S., Smith, S., Cylus, J., Sisko, A., and Poisal, J. (2010). Health spending projections through 2019: The recession's impact continues. *Health Affairs*, 29(3), 522–529. doi:10.1377/hlthaff.2009.1074

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D. (2003). User acceptance of Information Technology: Toward a unified view. *Management Information Systems Quarterly*, 27(3), 425–478.

Wang, W., and Benbasat, I. (2005). Trust in and adoption of online recommendation agents. *Journal of the Association for Information Systems*, 6(3), 72–101.

Whitten, P., and Love, B. (2005). Patient and provider satisfaction with the use of telemedicine: Overview and rationale for cautious enthusiasm. *Journal of Postgraduate Medicine*, 51(4), 294–300.

Williams, T. L., May, C. R., and Esmail, A. (2001). Limitations of patient satisfaction studies in telehealthcare: A systematic review of the literature. *Telemedicine Journal and e-Health*, 7(4), 293–316. doi:10.1089/15305620152814700

Wilson, E. V., and Lankton, N. K. (2004). Modeling patients' acceptance of provider-delivered e-health. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 11(4), 241–248. doi:10.1197/jamia.M1475

Zucker, L. G. (1986). Production of trust: Institutional sources of economic structure, 1840-1920. *Research in Organizational Behavior*, 8, 53–111.

ملاحظة ختامية

[1] هذا الفصل من الكتاب مؤسّس على المقالة:

Serrano, C. and Karahanna E. “An Exploratory Study of Patient Acceptance of Walk-in Telemedicine Services for Minor Conditions,” *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics (IJHISI)*, 4(4), October-December 2009.

الفصل العشرون

أثر تقانة المعلومات في المشافي صغيرها ومتوسطها وكبيرها

ستاسي بورجوا

جامعة شمال كارولينا – ويلمنغتون، الولايات المتحدة الأميركية

إدموند براتر

جامعة تكساس في آرلينغتون، الولايات المتحدة الأميركية

كريغ سلينكمان

جامعة تكساس في آرلينغتون، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

تستثمر المشافي في مجال تقانة المعلومات لخفض التكاليف ولتحسين نوعية الرعاية. ولكن، من غير الواضح إذا كانت هذه التوقعات المنتظرة من تقانة المعلومات تتحقق. تستكشف هذه الدراسة تقانة المعلومات (IT) في بيئة المشافي وتتحرّى علاقتها بنسبة الوفيات، وأمان المرضى، والأداء المالي في المشافي الصغيرة والمتوسطة والكبيرة. تسمح تجزئة IT إلى مركّبات وظيفية وتقنية وتكاملية بتقييم الأنواع المختلفة لآثار التقانة في المخرجات المالية والتشغيلية. تشير الاكتشافات إلى أنّ كلاً من تعقيد التقانة (النفاذ إلى تطبيقات IT) وعلاقة تعقيد التقانة بأداء المشافي يتنوع تنوعاً ملموساً بين المشافي الصغيرة والمتوسطة والكبيرة. وإضافة إلى ذلك، يبرهن التحري التجريبي للجودة والأمان

ومخرجات الأداء المالي على أن الأثر المُلاحَظ لتقانة المعلومات سيعتمد على فئة IT المُستَخدمَة.

مقدمة

بمقاييس متعددة، يستمر الإنفاق على الرعاية الصحية وتقانة المعلومات في الرعاية الصحية في الارتفاع بالمعدّل الأسرع في تاريخنا. ففي عام 2005 ارتفع الإنفاق الوطني على الصحة بنسبة 6.9% – بما يُعادل ضعفي معدّل التضخم. كان الإنفاق الكلّي عام 2005 نحو 2 تريليون دولار أو 6700 دولار لكل فرد (Catlin, Cowan and Heffler, 2006). ومثّل الإنفاق الكلي على الرعاية الصحية 16% من الناتج المحلي الإجمالي (GDP)، ويُتوقع أن يزداد الإنفاق على الرعاية الصحية في الولايات المتحدة بمستويات مماثلة في العقد التالي ليصل إلى 4 تريليون دولار عام 2015 أو 20% من GDP (Borger et al., 2006).

وفي الوقت نفسه، يُتوقع أن يستمر نمو الإنفاق على تقانة المعلومات في الرعاية الصحية. وتبعاً لبحث جديد أجرته (Datamonitor)، سينفق مزوّدو الرعاية الصحية ما يزيد عن 39.5 بليون دولار على تقانة المعلومات بحلول عام 2008 (Datamonitor, 2006) (Monegain, 2006). مدعومة بالرغبة في خفض الأخطاء الطبية وتحسين إجراءات العمل السريري، تزدهر صناعة تقانة المعلومات الصحية (HIT). ما يقود نمو سوق HIT هو شراء أنظمة أرشفة الصور حاسوبياً (PACS) وإدخال محوسب لأوامر الطبيب (CPOE) وشراء غيرها من أنظمة المعلومات السريرية مثل سجلات المرضى المحوسبة، والصيدليات، والجراحة، وقسم الطوارئ، والأشعة، وأنظمة إدارة الوثائق، إذا أردنا ذكر بعضها فقط (Dorefest, 2004a). مع هذا النمو السريع في HIT والمجموعة الواسعة والمتنوعة من التقانات البديلة، أصبحت هناك حاجة ضاغطة لتحقيق فهم أفضل

لماهية الدور الذي تؤديه هذه التطورات ضمن الجوانب التشغيلية لنظام الرعاية الصحية الذي يخصنا وكيف نستعمل هذه الموارد بفاعلية.

وكذلك، تواجه منظمات الرعاية الصحية بيئات أكثر تنافسية، ويمكن أن يتعلّق نجاحها على تقانة المعلومات التي يتبنونها. وفي الوقت الذي كان فيه دوماً تشديد على أهمية تقانة المعلومات، كان هناك القليل من الأبحاث التجريبية على أسس نظرية، التي تفحّصت تقانة المعلومات في الرعاية الصحية ومفاعيلها. مالت الدراسات السابقة لأخذ وجهة نظر الإدارة، وركّزت تركيزاً أساسياً على التبني، والتنجيز، وتقبّل التقانات. في الحقيقة، الأمثلة الأكثر شيوعاً على التحليل التجريبي كانت دراسات حالة تفحّصت تكاليف تطبيقات IT مُحدّدة وفوائدها (الطب من بُعد، إدخال محوسب لأوامر الطبيب، السجلات الصحية الإلكترونية، وغيرها). ومع أنّ هذه التحريات توفّر تقييماً نحتاجه كثيراً وتساهم في الجسم المتنامي لأدبيات HIT، ولكن ينقص هذا النوع من الأبحاث الرؤية حول كيفية ارتباط أنظمة HIT الفعلية معاً، وكيفية أدائها في بيئة الرعاية الصحية. وإضافة إلى ذلك، لقد لوحظ أنه توجد عدة عوامل تؤثر في قرار تبني المشافي لنظام IT، مثل حجم المشفى، وحالته التعليمية، وملكيته، وموقعه (Amarasingham et al., 2008; Cutler, Feldman and Horwitz, 2005; Fonkych and Taylor, 2005; McCullough, 2007; Wang, Wan, Burke, Bazzoli and Lin, 2005). من هذه العوامل، كان حجم المشفى موضوعاً مثيراً للجدل. فلقد وجد بعض الكتّاب أنّ المشافي الكبيرة تمتلك أنظمة IT سريرية أكثر من تلك الأصغر حجماً (Fonkych and Taylor, 2005). في حين لم يجد آخرون أيّ تأثير (متّسق) لحجم المشفى في غلبة أنظمة IT السريرية (Jha et al.,2009; McCullough, 2007). ولكن، من المُعترَف به أنّ المشافي التي تختلف حجماً تختلف أيضاً من حيث موقعها، ونوع المرضى الذين تستقبلهم، والخدمات المُقدَّمة وغيرها من المميزات (Boyes and Melvin, 2008). وكذلك، تُبين الأبحاث أنّ الحصّة الأكبر من حالات الدخول إلى المشافي تحدث في المشافي الكبيرة. فمثلاً، في عام 2005، نسبة 23% من حالات القبول في المشافي، حدثت في مشافٍ تحوي 500 سريراً أو أكثر، مُقابل نسبة 4% فقط في

مشافٍ تحوي أقل من 50 سريراً (AHA, 2007). تدعم هذه الإحصاءات فكرة أنّ المشافي ذات الأحجام المختلفة لا تُعاني من تدفق العمل نفسه. لذلك لا يجب إجراء تحليل الأداء بأسلوب جماعي (كما في أغلب التقارير البحثية الحالية)، بل يجب تجميع المشافي في فئات تبعاً لكثافة المرضى، وإجراء تحرّي الأداء على نحو منفصل تبعاً للحجم.

لذلك، فقد اقترحنا أنّه من طريق النظر في HIT وبناه التحتية عبر بيئات مشافٍ مختلفة يمكننا التحقق من أثرها في الأداء التشغيلي. وأكثر من ذلك، نحن ندّعي أنّ هذه الرؤيا توفر توجيهاً للمُمارسين في ما يتعلّق بأنواع تطبيقات تقانة المعلومات التي ستكون الأكثر مُلاءَمة لهم على أساس مواصفات مشفاهم.

التطوير النظري

إنّ دور IT في قطاع الخدمات هو الآن موضوع دراسات جدية معمّقة. لقد اختلطت بوجه عام النتائج التجريبية للدراسات حول الربط بين الاستثمار في IT والأداء. وذلك مع أنّ الأدلّة الحديثة أظهرت بعض الدعم لفكرة وجود علاقة إيجابية. واعترفت عدّة دراسات بوجود مجال واسع لتنمية استعمال HIT بهدف تحسين نوعية رعاية المرضى وأمانها (Ammenwerth et al., 2002; Brooks, Menachemi, Burke and Clawson, 2005; Plebani, 2007). بالمقارنة مع قطاعات صناعية أخرى مثل المصارف والمالية، لقد عانت صناعة الرعاية الصحية من كسل الاستثمار في تقانة المعلومات والحصول عليها. وهكذا كان لصناعة الرعاية الصحية تطبيقات IT أقل تطوراً. ولكن، في السنوات الأخيرة، كانت هناك زيادة بنسبة 9% سنوياً في الإنفاق الوطني على HIT (Dorenfest, 2004b).

ولقد توصّل تقريران مختلفان من معهد الطب (Institute of Medicine) (IOM) ومن مكتب المحاسبة الحكومي (Government Accounting Office) (GAO) إلى استنتاجات متشابهة حول أهمية التقانة في تخفيف الأخطاء الطبية المُكلِفة. يُشير تقرير (GAO 2001) إلى أنّ الأذيّات المتعلقة بالمُداواة تتسبّب بـ 1.4 مليون زيارة إلى المشفى، وبمليوني زيارة إلى عيادات الأطباء سنوياً. أما دراسة IOM 2001، التي تحمل اسم

"الخطأ أمرٌ إنساني"، فتشير أنّه تقريباً نحو مئة ألف مريض يقضون كل عام في مشافي الولايات المتحدة بسبب أخطاء طبية. وأكّد تقرير لاحق لـ IOM، "تخطّي هوّة الجودة"، على أهمية أمان المريض بصفته بُعداً مفتاحياً للجودة، وحدّد تقانة المعلومات بصفتها تمثل الوسيلة الأساسية لتحقيق هذا الهدف. وكذلك، فقد جرى تحديدُ توافر تطبيقات IT في المشافي بصفتها وسيلة لتحسين أمان المرضى وخفض عدد الحوادث المؤسفة (Birkmeyer, Birkmeyer, Wennberg and Young, 2000; Gaba, 2000; Medicine, 2001). ويدعم قانون خفض الأخطاء الطبية لعام 2001 استعمال ابتكارات تقانة المعلومات مثل أنظمة إدخال محوسب لأوامر الأطباء، وأنظمة نقاط الرعاية التي تمكّن الرماز القضباني (Barcode)، ويمكن للاستعمال الصحيح للتقانة ولتوافر دعم العاملين العارفين بتقانة المعلومات أن يخفض نسبة الأخطاء الطبية بمقدار 70% سنوياً، وهو ما يوافق خفض 7 بلايين دولار من التكلفة وما لا يمكن قياسه من الفقدان الناجم عن الوفاة (Armstrong, 2003; Goolsby, 2003)

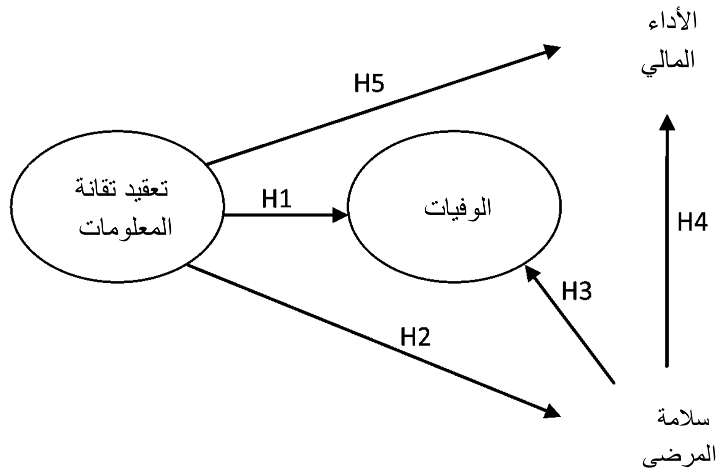
أدّت التقانة أيضاً دوراً حيوياً في تحسين الكفاية في المشافي لأنّ أنظمة المعلومات الشبكية تبقى الحاجز الأكبر أمام الدمج المؤسساتي وجعل العمليات المؤسساتية تعمل كوحدة واحدة (Kienle, 1997). ونجد مثالاً جيداً على ذلك في التحسين الكبير في القدرة على توثيق وتبادل المعلومات الطبية في الوقت المناسب، الذي نتج من حوسبة السجلات الطبية وربط المعطيات المخبرية إلكترونياً وغيرها من الإجراءات السريرية. إضافةً إلى ذلك، يؤدي استعمال بعض تقانات المعلومات، مثل الإدخال المُحوسب لأوامر الأطباء (CPOE)، وتطبيقات التمريض المتعلقة بالوثائق، والنظم المُتكاملة إلى تبسيط وتفعيل الإجرائيات وتدفق العمل. تُظهر الدراسات أنّ هذا يقود لخفض أزمنة الأطباء وأزمنة الإقامة في المشافي، ومغادرة المرضى دون أن يُقابلهم أحد، وكذلك أزمنة الانتظار (Peirpont and Thilgen,1995;) (Pizziferri et al., 2005). لذلك، لا يمكن إنكار أنّ تقانة المعلومات في الرعاية الصحية تمتلك القدرة على تحسين الكفاءَة

والنوعية من طريق تحسين الإنتاجية، وتوفير الوقت، وخفض الأخطاء الطبية، وتحسين التواصل.

النموذج المفاهيمي

اشتُقَّ الأساس النظري لهذه الدراسة من النظريات السابقة والاكتشافات البحثية ضمن الأدبيات البحثية عن أنظمة المعلومات والرعاية الصحية. يتركّز تقييم أداء المشافي على إطار تقييم جودة الرعاية الطبية لدونابيديان (Donabedian, 1966). ولقد وفّر ريموند وباريه وسيكوت (Paré and Sicotte, 2001; Raymond and Paré , 1992) الأساس المفاهيمي لفهم كيفية تشغيل أبعاد تعقيد تقانة المعلومات ضمن إطار الرعاية الصحية، وجرى تبني إطار توقعات المُحاسبة لـ Tan لتمكين تقدير مدى المُلاءَمَة مع HIT المرغوبة ضمن البيئة المؤسساتية تان و مودروي (Tan and Modrow, 1999). نموذج الدراسة مبيّن في الشكل(1).

الشكل (1). الإطار المفاهيمي



تعقيد تقانة المعلومات

إنّ تعقيد تقانة المعلومات مفهومٌ متعدد الأبعاد، يشتمل على جوانب تتعلق بالدعم التقاني، والمحتوى المعلوماتي، والدعم الوظيفي، وإدارة تقانة المعلومات (1992). إنّها تُجعَل عملانية في هذه الدراسة عبر تصنيف تطبيقات تقانة المعلومات في كل مشفى بعينه في ثلاث فئات: التعقيد التقني، والتعقيد الوظيفي، وتعقيد التكامل. يتبع المنطق والتعليمات المستعملة في توزيع هذه التطبيقات في الفئات الثلاث تلك التي وضعها باريه وسيكوت (Paré and Sicotte, 2001).

يعكس التعقيد التقاني تنوع التجهيزات العتادية المستعملة من قبل مؤسسات الرعاية الصحية ويشير إلى مجالات متنوعة بما يشمل التصوير الطبي، وتجهيزات الترميز القضباني، وتخزين وحفظ المعلومات والشبكات اللاسلكية وأنظمة أرشفة الصور وأنظمة الاتصال. ويمثل التعقيد الوظيفي نسبة وتنويع الإجراءات أو النشاطات المدعومة من التطبيقات المُحَوسَبة في المجال السريري. تشتمل هذه السيرورات الإدارية المرضى الداخليين، وما قبل القبول والقبول، وقبول المرضى الخارجيين، وإدارة قوائم الانتظار، وتقدير توافر الأسرّة، وتخريج المرضى الداخليين، ونقلهم. وتشتمل نشاطات رعاية المرضى على إدخال الأوامر/ تقرير النتائج، وكتابة أوامر الطبيب، والاحتفاظ بالتاريخ الطبي، وتخطيط الرعاية، وتسجيل الإشارات الحيوية، إذا اكتفينا ببعض منها. وتشتمل بعض سيرورات الدعم السريري على إدارة الاختبارات، وجدولة سحب العينات، وإدارة بنك الدم، وتسمية والتقاط الصور الشعاعية، وإدارة المُداواة، وإدارة المزائج الوريدية، والتحقق من التداخلات الدوائية (صيدلة). وأخيراً، يشير تعقيد التكامل إلى درجة تكامل التطبيقات الحاسوبية داخلياً ضمن الأقسام أوالعيادة عبر قاعدة معطيات مشتركة، وخارجياً مع أنظمة ضمن أجزاء أخرى أو خارج المشفى عبر روابط اتصال إلكترونية (Paré and Sicotte 2001). ويمكن أن نرى قائمة كاملة من التطبيقات والتقانات المُتضمّنة في الجدول (1).

المخرجات الأولية

المخرجات الأولية المستعملة في هذه الدراسة هي نسبة الوفيات، وسلامة المرضى، ومقاييس الأداء المالي. جرى استعمال مؤشرات سلامة المرضى (PSI) ومؤشرات الجودة للمرضى الداخليين (IQI) من قبل وكالة أبحاث الرعاية الصحية وجودتها (AHRQ) لجعل نسبة الوفيات وسلامة المرضى عملانيتين. اختيرت هذه المقاييس إذْ أُثبتت صحتها على نحو موسّع واستُعملت في العديد من الدراسات السابقة لتقييم سلامة المرضى وجودة الرعاية. تعتمد الأدلّة العلمية على هذه المؤشرات على تقارير في أدبيات مُحكّمة. جرى استعمال مراجعة الأدبيات البنيوية والتحاليل التجريبية لإثبات صحّة المؤشرات، ولقد جرى عرض التفاصيل المتعلقة بسيرورة التطوير في النشرة "Refinement of the HCUP Quality Indicator" المتوافرة على الموقع (www.qualityindicators.ahrq.gov) (AHRQ, 2003).

جميع مقاييس (PSI/IQI) في هذه الدراسة هي معدلات مُكيّفة للمخاطر تعكس العمر، والجنس، والمجموعات المتعلقة بالتشخيص المعدلة (DRGs)، ومعطيات توزيع الأمراض المشترك في الملف المرجعي بدلاً من توزيعها في كل مشفى. يُسهّل استعمال المعدّلات المكيّفة للمخاطر إمكانية تعميم المعطيات ويضع كل مشفى في حقل متكافئ، وهذا ما رفع بعض الفروقات التي لوحظت بين المشافي تبعاً لأنواع المرضى الذين يحضرون إلى المشفى، و للاختصاص الأوّلي للمشفى ومزيج الحالات. تعكس المقاييس المُكيَّفة للمخاطر أداء المزوّد وكأنّ لجميع المزوّدين متوسط مزيج الحالات نفسه في العينة (Services, 2007).

الجدول (1). مكوّنات بُعد تعقيد تقانة المعلومات

البُعد	نشاط المجال	التطبيق/ العتاد
وظيفي	إداة المرضى	جدولة المرضى، جدولة غرفة العمليات، التسجيل
	رعاية المريض	إدخال الأوامر، وثائق الطبيب، وثائق الممرضات، إدخال محوسب لأوامر الطبيب ، المخرجات وإدارة الجودة، وجدولة العاملين، الحدّة الذهنية للممرضات، توظيف الممرضات، إعداد غرفة العمليات، نظام معلومات قسم الطوارئ، أنظمة التوليد
	دعم سريري	نظام إدارة الصيدلية، نظام معلومات المخبر، نظام معلومات التصوير الشعاعي، نظام المعلومات القلبية، بنك الدم، التشريح المرضي، البيولوجيا المكروية، أنظمة معلومات الرعاية التنفسية
تقاني	إداة المرضى	نظام RFID لمتابعة المرضى، والترميز القضباني
	رعاية المريض	أطباء: دعم اتخاذ القرار السريري، الإملاء، إملاء مع تعرّف الكلام، محمولات، إعداد غرفة العمليات قبل العمليات وبعدها ممرضات: وحدة العناية المركزة، وحدات العناية المركزة الطبية الجراحية، محمولات
	دعم سريري	تصوير شعاعي: تصوي وعائي CR،CT، DF، DM، DR، MRI، NM، US(PACs)، تصوير شعاعي

		وتشريح مرضـي فـي الطـب من بُعد، محمولات، القلبيـة: مخبــر القســطرة، CT، الإيكــو، Intra، Ultra، القلبيــة النووية.
تكامل	فــــي جميــــع المجالات	السـجلات الإلكترونيـة لإدارة المُـداواة. خـزّان المعطيـات السـريرية، السـجلات الطبيـة الإلكترونيـة للمؤسسـة، دليـل المرضـى الرئيسـي للمؤسسـة، الشبكة الداخلية، الإنترنت، تخطـيط مـوارد المؤسســة، محــرك التخاطــب (محــرك التكامل)

الوفيات

تركّز مؤشرات (AHRQ IQI) علـى الرعايـة الصـحية التـي تُقدَّم ضـمن إطـار المرضـى الداخليين في المشفى وهي مقياس غير مباشر للجودة. تُستعمل عشرة مقاييس للوفيات لفحص المخرجـات التـي تلـي العمليـات وفـي الحـالات الطبيـة الشـائعة. لـذلك، فالوفيـات مفهوم من المرتبـة الثانيـة يتكون من معدلات الوفيـات انطلاقاً من مفهومين مـن المرتبـة الأولـى: العمليـات والحـالات. تشتمل مؤشرات IQI حول عمليـات المرضـى الداخليين تلك العمليات التي ثَبُتَ تباين نسب وفياتها بين المؤسسـات، والتـي يوجد فـي حالتهـا دليل علـى أنّ ارتفاعهـا يمكـن أن يُقـرَن بنوعيـة أسـوأ للرعايـة. وتشـتمل مؤشـرات IQI حـول حـالات المرضى الداخليين تلك الحالات التي ثَبُتَ تباين نسب وفياتها بين المؤسسات، والتـي يوجد ما يدلّل علـى أنّ ارتفاعهـا يمكـن أن يُقرَن بـالنقص فـي نوعيـة الرعايـة (AHRQ, 2007 a). تُذكر مقاييس الوفيات بصفتها جزءاً من هذا البحث، باستثنـاء الوفيات عن استئصـال جزء من البنكرياس، أو استئصـال داخل الشريان السباتـي، أو استبدال الحـوض، بسب قلة عدد هذه الأنواع من العمليات التي أجريت ضمن عيّنتنا في ولاية تكساس مما يمنـع من إجراء تحليل مناسب.

سلامة المرضى

جرى تبني مؤشرات (AHRQ PSI) لجعل مفهوم السلامة عملانياً، والتقاط مميزات جودة رعاية المرضى التي تعكس النشاط الداخلي للمشفى. إنّ مؤشرات PSI هي مجموعة من المقاييس التي يمكن أن تُستعمل للبحث عن الحوادث المؤسفة أو التعقيدات التي يمكن أن يعانيها المرضى بنتيجة تعرضّهم لنظام الرعاية الصحية. توفر PSI مقياساً للمُضاعفات التي يمكن تفاديها للمرضى الذين تلقّوا الرعاية الأولى ومضاعفاتها خلال فترة الدخول إلى المشفى نفسها. تُقسم مؤشرات (PSI) إلى مستويين؛ المجال والمُزوّد. مؤشرات مستوى المزوّد مشمولة في هذه الدراسة وهي تشير فقط إلى تلك الحالات حيث يشير تشخيص ثانوي إلى أنّه كان بالإمكان تفادي هذه المضاعفات (AHRQ, 2007b).

جرى اختيار مؤشرات PSI لتُضَمّ إلى هذه الدراسة على أساس توافر المقاييس وصحّتها كما هو محدّد من قبل وكالة الأبحاث في الصحة وجودتها (AHRQ, 2007b). في النموذج العام المُصمّم لهذه الدراسة، تُعتبر السلامة مفهوماً من المرتبة الثانية مكوّناً من معدلات مؤشرات السلامة الناتجة عن مفهومين من المرتبة الأولى؛ سلامة ما بعد العملية والسلامة العامة. تُجرى التحاليل على كل من مفهوم السلامة من المرتبة الثانية ثُم على كل من مفهومي السلامة من المرتبة الأولى. ولقد جرى استثناء المؤشرات المرمّزة بصفة نادر، أو غير مذكور، أو غير مفحوص أو توليدي (Obstetrical)، من النموذج كما توصي AHRQ بسبب الانحياز المحتمل في المعطيات. جميع مقاييس PSI المستعملة في هذه الدراسة هي معدّلة مُكيّفة المخاطر، باستثناء معدل الوفاة في المجموعات المتعلقة بالتشخيص ذات المعدل المنخفض للوفاة (Death in Low Mortality (DRGs))، تعكس العمر، والجنس، والمجموعات المتعلقة بالتشخيص المعدلة (DRGs)، ومعطيات توزيع الأمراض المشترك في الملف المرجعي بدلاً من توزيعها في كل مشفى. أمّا المعدّل الملحوظ للوفاة في المجموعات المتعلقة بالتشخيص ذات المعدل

المنخفض للوفاة، فلقد قيس اعتماداً على تكييف المخاطر الذي يُحوّل معدّلات جميع المشافي إلى الصفر.

الأداء المالي

هناك العديد من المقاييس والمقاربات التي يمكن أن توصّف الأداء المؤسساتي. لذلك، أصبح تحديدُ أيّ نسبة مالية شائعة الاستعمال هي مقياس مناسب يوضح الأداء المالي المتعلّق بتقانة المعلومات، تحدياً. ويوجد في الأدبيات عدّة دراسات قاسَتْ الأداء المالي للمشافي (Hayden, 2005; Kim,Glover, Stoskopf and Boyd, 2002; McCue and Draper, 2004; Rosko,2004; Snyder-Halpern and Wagner, 2000; M.G. Sobol, 2000; Tennyson and Fottler, 2000)

ولكن هناك عدد ضئيل نسبياً من الدراسات التي قاست مباشرة HIT والأداء المالي، وهي جميعاً استعملت مقاييس متفرقة (Devaraj and Kohli, 2000; Menachemi, Burkhardt, Richard, Darrell, and Robert, 2006; Smith, Bullers Jr, and Piland, 2000). لذلك كان من الضروري مراجعة الأدبيات الموجودة حول مقاييس الأداء المالي، لاستنتاج المقياس الوسيط المناسب.

حددت مراجعة الأدبيات عدّة مُقاربات لتضييق عدد النسب التي يجب تفحّصها لتحديد الأداء المالي. يقترح البحث أنّ مقاييس الربحية تميل لأن تكون أكثر وثوقية في التنبؤ بالنسب الأخرى من أي تركيب للعوامل. هذا لا يُعد مُفاجئاً نظراً إلى أن استنتاجات العديد من الباحثين تنص على أنّ معظم المشافي تعتمد اعتماداً وحيداً على تشغيل مصادر رأس مال عامل، يعود بشكل أوّلي. بالنظر إلى الربحية، يشبه المشفى أي مؤسسة أخرى، فمهما كان نوع ملكيته أو تبعيّته فعليه أن يحقق ربحاً حتى ينجح ويبقى قائماً (Cleverley and Harvey, 1992). وإضافة إلى ذلك، المقولات الماليّة، التي جرى منها حساب مُعظم النسب، هي مُصممة لقياس التغيّرات في الوضع المالي (مقولة الدخل)

والتغيرات في الموقع المالي (ورقة الحساب). تميل هذه المقولات المُحاسبيّة إلى التركيز على نتائج العمليات، وهي من ثَمّ تركز على الربحية.

يبدو أيضاً، على أساس الأدبيات، أنّ مقاييس الربحية التي تربط الأداء العملاني بالاستثمارات، والأصول، والأسهم (العائد على الاستثمار، العائد على الأصول، العائد على الأسهم) تقيس على نحو أفضل الأداء المالي من تلك التي تربط ببساطة هامش الإنتاج بالعائد (الهامش الكلي، الهامش التشغيلي، وغيرها). بالإضافة، يبدو أنّ الاستشعارات الذاتيّة لمديري المشافي حول الأداء المالي ترتبط بالمقاييس الموضوعية من العائد على الأصول وهامش التشغيل ماك كراكن، ماك إيلوين و فوتلر (McCracken, McIlwain and Fottler, 2001).

وبما يتفق مع الأدبيات، تستعمل هذه الدراسة مفهوماً متعدد الأبعاد يضم الربحية والأداء التشغيلي لقياس الأداء المالي. يُقاس إنشاء الربحية بالعائد على الأصول (ROA)، هامش التشغيل (OM)، والعائد على الأسهم (ROE). ويقاس إنشاء الأداء التشغيلي بعائد المرضى الخالص يومياً، وعائد المرضى المُخرّجين (Cleverley, 1995; Devaraj and Kohli, 2000; McCracken et al., 2001; Menachemi et al., 2006; Smith et al., 2000). يجري التحليل على كل من مفهوم الأداء المالي من المرتبة الثانية، ومن ثَمّ على المفهومين الفرديين من المرتبة الأولى.

تصميم البحث

العينة

أجري التحليل الأوّلي للعلاقة بين تعقيد تقانة المعلومات والأداء المالي، والوفيات، والسلامة باستعمال معطيات ثانوية لعامَي 2005-2006 جُمعت وجمِّعَت من ثلاثة مصادر للمعطيات. ولقد وفّر معهد دورنفست لتقانة المعلومات الصحية بحثاً وتعليماً (Dorenfest Institute for Health Information Technology Research and Education) (IHDS)

عبر جمعية أنظمة معلومات الرعاية الصحية وإدارتها أنظمة المعلومات حول مشافي رعاية الأمراض الحادة في تكساس، وزوّد دليل المشفى الأميركي (AHD) التحليلَ بمواصفةٍ مفتاحية والاستعمال وسجلات مالية، وقدّم (Dallas Fort Worth Hospital Council) ملفات AHRQ IQI/PSI عن ولاية تكساس.

وبهدف تجميع مجموعات المعطيات هذه، جرى تحليل قاعدة معطيات HIMSS وجرى استخلاص جميع المعلومات حول مشافي تكساس من قاعدة المعطيات. أعطى هذا 179 مشفى في تكساس، مع معطياتها الديموغرافية، وتطبيقات IT فيها، ومعلوماتها التقانية. ثانياً، جرى استخلاص السجلات المالية، والمعطيات الديموغرافية، ومؤشرات IQI و PSI لمشافي تكساس من قواعد المعطيات الموافقة. ثُم جرى جمع المشافي من كلا قاعدتي المعطيات مع العيّنة من IHDS وجرى تكوين عيّنة جديدة من المعطيات. وجرى تقييم جميع معلومات المشافي، بما يشمل الأسماء والهويات والعناوين، للتيقن من الدقّة عند دمج مجموعات المعطيات. وجرى حذف كل مشفى لا يظهر في مجموعات المعطيات الثلاث معاً، أو لم يكن بالإمكان إجراء المطابقة بثقة في حالته. فُحصت المعطيات وجرى أيضاً حذف ثماني حالات شاذة متطرفة. وعند الانتهاء من دمج مجموعات المعطيات وتنظيفها، كانت العينة تضم 148 مشفى لمعالجة الإصابات الحادة في تكساس.

أظهرت تجزئة المعطيات في البدء كمية ملموسة من الاختلاف بين المشافي العامة والخاصّة من جهة وتلك التي تملكها الحكومة. ولما كان عدد المشافي التي تملكها الحكومة صغيراً نسبياً (12)، حذفنا هذه المشافي من العيّنة ولم تُجرَ أية تحاليل عليها. تكوّنت العيّنة النهائية المستعملة في هذه الدراسة من 136 مشفى لمعالجة الإصابات الحادة في تكساس.

الإحصاءات الوصفية

وجدت أشجار التصنيف أنّ 27% من التغييرات الظاهرة في المعطيات يمكن أن تُرجع إلى اختلاف حجم المشافي. وعبر التجزئة باستعمال (JMP 7.0) جرى تصنيف المشافي في ثلاث فئات: صغيرة ومتوسطة وكبيرة وذلك على أساس عدد الأسرّة العامة والتخصُّصية المتاوفرة فيها. عُرِّفتْ الفئات كما يلي: صغيرة للمشافي التي تحوي أقل من 94 سريراً، ومتوسطة للمشافي التي تضمّ من 94 إلى 277 سريراً، وكبيرة لتلك التي تضم أكثر من 277 سريراً. يتفق هذا التصنيف مع أدبيات التمريض الحالية (General, 1988; Henderson, 1965; Khuspe, 2004; Ward et al., 2005). أدّت تجزئة المعطيات إلى ثلاث فئات تبعاً للحجم إلى تكوين ثلاث مجموعات من المعطيات؛ عيّنة المشافي الصغيرة وعددها 38، وعينة المشافي المتوسطة وعددها 68، وعيّنة المشافي الكبيرة وتضم 30 مشفى. تشير النتائج من التحاليل إلى وجود اختلاف معنوي إحصائياً بين التطبيقات الوظيفية ($p<0.000$) والتطبيقات التقنية ($p<0.002$) وتطبيقات التكامل ($p<0.048$) المتوافرة للاستعمال بين المشافي من قياسات مختلفة.

وأجريت تحاليل إضافية لتحديد تأثير مفاعيل حالة "بهدف الربح" في توافر تطبيقات IT للاستعمال في المشافي. يتبع هذا بحثاً سابقاً سوبول و سميث (Sobol and Smith, 2001) حيث وُجدَ اختلاف ملموس بين المشافي "الربحية" وتلك "غير الربحية" في ما يتعلّق بكفاية المشفى. كشفت الإحصاءات الوصفية النقاب عن توزيع متساوٍ إلى حدّ بعيد للمشافي "بهدف الربح" بين فئات أحجام المشافي الثلاث. للأسف، منعت حجوم العينات الفائقة الصغر في حالة فئتي المشافي الصغيرة والكبيرة من القدرة على إجراء انحدار مربعات صغرى جزئي، الذي يسمح عادةً بحجوم صغيرة للعينات. ولكن، جرى إجراء اختبارَي-t بعيّنتين على كامل مجموعة المعطيات مجمّعة وفق حالة الربحية، ووُجدَ اختلاف ملموس إحصائياً بين عدد التطبيقات الوظيفية والتقنية المتوافرة للمؤسسات.

يُعطي هذا رؤية إضافية عن المتغيرات المختلفة التي تؤثر في استعمال تطبيقات IT في المشافي، ويجب لأبحاث مستقبلية أن تفحص تأثير مفعول الربحية أكثر.

تحليل المعطيات

وبهدف استكشاف أبعاد المفهوم، أُجري تحليل عوامل استكشافي باستعمال طريقة استخلاص المركّبات الرئيسية بواسطة دوران (Varimax) الجدول (2). أكّدت النتائج الحاجة إلى حذف كسر عظم الحوض واستبداله من العامل حول – العملياتي، وحذف استئصال جزء من البنكرياس أو استئصال داخل الشريان السباتي من مفهوم الوفيات. أمّا عامل العائد على الأسهم (ROE) من مفهوم الربحية المالية فلقد تبيّن أنّه لا يتلاءَم مع مقاييس الربحية الأخرى وجرى حذفه. حُمِّلَت جميع البنود كما هو مُتوقّع على أبعادها.

الجدول (2). نموذج القياس مع تقديرات الوثوقية وتحميل العوامل

بنود السُلّم	حِمل العامل	بنود السُلّم	حِمل العامل
تعقيد تقانة المعلومات		الأداء المالي	
وظيفي	0.74	الربحية :	
تقاني	0.80	OM	0.88
تكامل	0.70	ROA	0.87
		عملاني:	
وفيات		DISC (Net Rev Per Discharge)	0.79
إجرائيات:		PAT (Net Rev Per Patient Day)	0.90
AAA Repair	0.79		
CABG	0.80	**سلامة المرضى**	

CRANI	0.75	Peri-Operative متعلق بالعمليات	
ESOPH	0.80	نزيف (HEM)	0.53
PTCA	0.78	فشل تنفسي (RESP)	0.85
حالات:		عام:	
AMI	0.88	DVT	0.76
AMI wo Trans	0.88	إصابات مختارة (SEL)	0.77
CHF	0.62	فشل في الإنقاذ (FTR)	0.51
GI Hem	0.56	موت (DEATH)	0.78
PNEUM	0.69		
STROKE	0.59		

تُحدِّد صلاحية التقارب أنّ البنود التي هي مؤشرات لمفهوم يجب أن تشترك بجزء كبير من التباين (Haire, Black, Babin, Anderson and Tatum, 2006). كشفت أحمال العوامل دعماً لصلاحية التقارب للمفاهيم الستة. كانت جميع الأحمال أكبر من 0.50. عتبة التوقف المقترحة في (Hair et al., 2006) عندما تتجاوز معظم الأحمال 0.60. تراوحت أحمال العوامل من 0.56 إلى 0.96. يمكن أن يُنظر إلى الأحمال التي تقل عن 0.70 على أنّها ما تزال معنوية ولكن يُرجَع مُعظم التبيان في القياس إلى خطأ (Hair et al., 2006). أعطت الأحمال العالية للعوامل سبباً لاستنتاج أنّ للمقاييس صلاحية التقارب.

جرى تقييم صلاحية التمييز باستعمال متوسط التباين المُستخلص (AVE) المحسوب باستعمال برمجية SmartPLS (الجدول 3). جميع المفاهيم تجاوزت عتبة القطع 0.50 باستثناء الإجرائيات أو العمليات والسلامة العامة. ولكن وُجِدَ أنّ أبعاد الإجراءات

والسـلامة العامـة تمتلـك صـلاحية التقـارب علـى أسـاس ارتفـاع أحمـال العوامـل (>.50) (Gerbing and Andersen, 1988). وعلاوة على ذلك، تجاوز متوسطُ التباين المُستخلص لكـل عامـل كـامن مُربّـعَ الارتبـاط بـين العوامـل، مـا يقـدم الـدليل علـى صـلاحية التمييـز (Fornell and Larcker, 1981).

وأخيراً، جرى تقييم الوثوقية باستعمال كرونباخ ألفا (الجدول 2). يجب أن تتجاوز أمثال مفهوم الوثوقية جميعها الحد الأدنى الذي يساوي 0.70 (Hair, Anderson, Tatum and Black, 1998; Rossiter, 2002). ولكن اقترح سرينيفاسان ونونالي (Nunnally, 1967 و Srinivasan, 1985) أن القيم المنخفضـة حتـى 0.50 مقبولـة فـي حالـة التطـوير البدئي للمفهوم. بالإضافة، يقول فان دو فن وفيرّي (Van de Venn and Ferry, 1980) إن القيم المقبولة يمكن أن تنخفض إلى 0.4 في حالة المفاهيم ذات التعريف الواسع. حُسبت قيم كرونباخ ألفا في حالة المفاهيم المدروسة بواسطة (SmartPLS) وتراوحت بين 0.50 و 0.85، واستنتجنا من ذلك وثوقية كافية.

الجدول (3). متوسطات التباين المستخلص للمفاهيم (AVE) والارتباطات

المفهوم	**(AVE)**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1. تعقيد تقانة المعلومات	0.54	**.73**						
2. الإجرائيات العمليات	0.47	.37	**.69**					
3. الحالات	0.56	.28	.28	**.75**				
4. السلامة العامة	0.43	.46	.37	.11	**.66**			
5. السلامة بعد العمليات	0.50	.43	.37	.25	.43	**.71**		
6. الربحية	0.87	.30	.28	.03	.38	.23	**.93**	
7. عملائي	0.82	.16	.12	.21	.17	.17	.07	**.91**

الطرائق

أُجري التحليل باستعمال نمذجة المسار بالمربعات الصغرى الجزئية (PLS). ومع أنه توجد أدوات SEM أخرى، ولكن قادتنا إلى اختيار PLS عدة عوامل. جرى تطوير PLS لمعالجة مؤشرات تكوينية وتفكيرية، في حين لا تسمح تقنيات SEM الأخرى بذلك. ثانياً، ينصح (Wold, 1981) تحديداً بأنّ PLS ليس مُلائماً للاختبارات التأكيدية، ولكن يجب استعماله للتنبؤ ولاستكشاف السببيّة المعقولة. ثالثاً، لا يضع PLS فرضية التوزيع الطبيعي المتعدد المتغيرات، التي تفترضها تقنيات SEM مثل (LSEREL) و(AMOS)، ولأنها إجرائية لا وسيطية، لا تُعتبر مسألة الارتباط الخطي مهمة (Bido, 2006). وأخيراً، إنّ متطلبات PLS حول حجم العينة أخفض من تقنيات SEM الأخرى (Chin, 1998; Chin and Newsted, 1999; Westland, 2007).

صلاحية النموذج البنيوي

لتقييم كيفية تغير العلاقات البنيوية تبعاً لحجم المشفى، جرى تحليل نموذج المعادلة البنيوية على نحو منفصل للمؤسسات الصغيرة، والمتوسطة والكبيرة كما ينصح شين (Chen) (Chin,1998) مُقابل استعمال التغايرات في تحليل المربعات الصغرى الجزئي. أجريت تحاليل المُلاءَمة على النماذج البنيوية باستعمال (SmartPLS 2.0 M3)، وباتباع مجموعة المعايير التي وضعها روسيتر (Rossiter) (Rossiter, 2002). كان للنماذج الثلاثة قيمة R^2 كافية تفوق عتبة التوقف 50%، وقيم-t أكبر من 2 مع استثناء مسارين. في حالة المشافي ذات الحجم المتوسط، كان للمسار من تعقيد IT ← الوفيات قيمة-t تساوي 1.92، وكان للمسار تعقيد IT ← الأداء المالي قيمة-t تساوي 1.94. وأخيراً، في حالة المشافي الصغيرة كان هناك قيمة-t تساوي 1.68 للمسار تعقيد IT ← أمان المريض. ولكن، في حالة العلاقات الوحيدة الاتجاه، تُعدّ قيم-t معنوية إذا تجاوزت 1.645. لذلك، يمكن استنتاج الصلاحية النموذجية للنماذج البنيوية الثلاثة.

النتائج (تبعاً لحجم المشفى)

أُجري تحليل المسارات على جميع المفاهيم من المرتبة الثانية ضمن النموذج البنيوي. ثُمّ أجريت تحاليل على جميع المفاهيم من المرتبة الأولى من طريق الحذف المنهجي للمركبات التقانية المنفصلة (الجدول 4). كشف هذا النقاب عن كيفية تأثير أنواع التقانات المختلفة في مخرجات الجودة، والسلامة، والأداء المالي.

الجدول (4). ملخّص تحليل المسارات عبر حجوم المشافي

المسار	إحصاء t			
مشافي صغيرة	معاً	وظيفي	تقني	تكامل
تعقيد IT ← أداء	0.580	1.248	0.892	0.686
تعقيد IT ← وفيات	-0.198	-0.742	1.371	- 2.098*
تعقيد IT ← أمان	2.516*	6.377 *	1.914 *	2.091 *
مشافي متوسطة				
تعقيد IT ← أداء	-0.304	-0.522	-0.832	-1.636
تعقيد IT ← وفيات	0.881	1.252	-1.062	-2.131*
تعقيد IT ← أمان	1.712*	2.265 *	-2.171*	-1.433*
مشافي كبيرة				
تعقيد IT ← أداء	0.283	3.194*	6.188*	1.013
تعقيد IT ← وفيات	3.067*	-3.874*	-2.813*	8.396*
تعقيد IT ← أمان	-2.863*	4.375*	-1.460	2.297*

كوّنت المشافي التي تضم أقل من 94 سريراً عامّاً أو جراحياً مجموعةَ المشافي الصغيرة. أدّى حذف جميع المشافي الأخرى إلى عيّنة حجمها 38. أجري تحليل المسارات الذي أظهر أنّ لتعقيد IT علاقة إيجابية ملموسة مع السلامة، وعلاقة غير معنوية سلبية مع الوفيات والأداء المالي. يتفق هذا مع النموذج الكلي العام الذي استُكشِفَ سابقاً في هذا البحث. التفريق اللاحق لتعقيد IT إلى مكوّناتها الثلاث (وظيفي، تقني، تكامل) واستكشاف العلاقات المنفردة لكل مكوّنة مع المخرجات السريرية المختلفة لم يُغيّر العلاقة الإيجابية مع السلامة. ولكن، كان تتجيزُ تطبيقات التكامل منفرداً السببَ وراء جعل العلاقة السلبية مع الوفيات معنوية إحصائياً. لذلك، يُقترح على المُمارسين أن ينظروا في الاستثمار في تطبيقات تُكامل الاتصال وتوافر المعلومات عبر الأقسام المختلفة داخلياً وخارجياً. يجب أن يقود هذا إلى خفض معنوي في معدلات الوفيات في المشافي الصغيرة.

كوّنت المشافي التي تراوح عدد أسرّتها العامة أو الجراحية بين 94 و 27 مجموعة المشافي المتوسطة، وقد كوّنت عيّنة حجمها 68 مشفى. أجري تحليل المسارات عليها. أظهرت النتائج الأولية علاقة سلبية غير معنوية بين مفهوم تعقيد IT والأداء المالي، وعلاقة إيجابية معنوية إحصائياً مع السلامة والوفيات. ولكن نشأ عن حذف التطبيقات الوظيفية من النموذج علاقة معكوسة معنوية إحصائية بين تعقيد IT والسلامة. ولاحظ التحري الإضافي أنّ وجود تطبيقات التكامل وحده يولّد علاقة معكوسة معنوية إحصائية مع كل من السلامة ومعدلات الوفيات. لذلك، يُنصح بالنظر في الاستثمار في تطبيقات التكامل التقاني للمشافي ذات الحجم المتوسط، وتقترح المعطيات أنّ هذه التطبيقات يمكنها أن تخفض معدلات الوفيات والسلامة من دون أن تُسبب انخفاضاً معنوياً إحصائياً في الأداء المالي.

وأخيراً، كوّنت المشافي ذات الأكثر من 277 سريراً عيّنة حجمها 30 مشفى. نتج من التحليل الكامل للنموذج علاقة إيجابية غير معنوية بين تعقيد IT والأداء المالي، وعلاقة سلبية معنوية إحصائياً مع السلامة، وعلاقة إيجابية معنوية إحصائياً مع معدل الوفيات. في حين نشأ عن حذف التطبيقات الوظيفية من النموذج علاقة إيجابية معنوية إحصائياً مع الأداء المالي، وأنشأ أيضاً علاقة إيجابية معنوية إحصائياً مع السلامة ومعدّل الوفيات. أتاح لنا تحليل المكونات الفردية أن نكتشف، مع ذلك، أنّ التطبيقات الوظيفية والتقنية ساعدت المشافي الكبيرة من طريق إيجاد تزايد معنوي إحصائياً في الأداء المالي وتناقص معنوي إحصائياً في معدلات الوفيات والسلامة. لذلك، يُنصح أن ينظر المُمارسون في التطبيقات الوظيفية والتقنية أولاً ضمن بيئات المشافي الكبيرة.

المناقشة

بالنظر إلى الأموال التي تُصرف سنوياً على الرعاية الصحية، وتقانة المعلومات في الرعاية الصحية، فإنه من المهم جداً فهم ماهية الدور الذي تؤدّيه التطورات في تقانة المعلومات ضمن الجوانب العملانية لنظام الرعاية الصحية الذي يخصنا. يطرح هذا البحث السؤال حول ما إذا كانت تقانة المعلومات قادرة على تقديم نوعية أعلى من الرعاية وفي الوقت نفسه زيادة الربحية والأداء العملاني. الجواب على أساس البحث المقدّم هو نعم؛ تمتلك البيئة التقانية القدرة على خفض معدلات الوفيات وزيادة سلامة المرضى مع المحافظة على الأداء المالي أو تحسينه. وتحديداً، عندما يجري تصنيف التقانات تبعاً لوظائفها فإننا نستطيع رؤية كيف أنها تولّد مخرجات عملانية ومالية مختلفة تبعاً لبيئات مشاف متباعدة.

وتستمر صناعة الرعاية الصحية في مواجهة بيئة أكثر تنافسية. يضع انخفاض الأرباح، مجتمِعاً مع ازدياد التضخم في الرعاية الصحية، مؤسسات الرعاية الصحية أمام أضرار متباينة. يعاني العديد من المشافي من انخفاض العائد على الأصول، والذي عندما يجتمع مع مستويات الديون المرتفعة، يجعل الاستثمار الإضافي في تقانة المعلومات

الباهظـة الـثمن أمـراً صـعباً. لـذلك، يواجـه المـديرون فـي مجـال الرعايـة الصـحية، الـذين يرغبون في تحسين الفاعلية والربحية، تحدي تطبيق برامج معنوية يمكنها أن تؤثر إيجابياً في الوضـع المـالي للمؤسسـة هاريسـون وسكسـتون (Harrison and Sexton, 2004). تبـرهن هـذه الدراسـة علـى أنّ تنجيـز HIT يمكـن أن يمثـل فرصـة لتحسـين الكفايـة والأهليـة فـي مؤسساتهم مع المحافظة على التكاليف وربما زيادة الأرباح. وعلى نحو أكثر أهميـة، يوفر هذا البحث رؤية في قدرة مختلف أنواع تطبيقات تقانة المعلومات علـى التأثير فـي جوانـب النوعية والسلامة والأداء المالي؛ وتوفر من ثَمّ توجيهاً للممارسين حول أنواع الاسـتثمارات في تقانة المعلومات التي ستفيدهم على أفضل وجه على أساس مواصفات مشافيهم.

المراجع

AHA. (2007). *Continued progress: Hospital use of Information Technology*. Chicago, IL: American Hospital Association.

AHRQ. (2003). *AHRQ quality indicators – Guide to inpatient quality indicators: Quality of care in hospitals - Volume, mortality, and utilization (No. AHRQ Pub. No. 02-RO 204)*. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality.

AHRQ. (2007a). *AHRQ - Guide to inpatient quality indicators*, ver. 3.1.

AHRQ. (2007b). *Guide to patient safety indicators*, ver. 3.1.

Amarasingham, R., Diener-West, M., Plantinga, L., Cunningham, A., Gaskin, D., and Powe, N. (2008). Hospital characteristics associated with highly automated and usable clinical Information Systems in Texas, United States. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 8, 39. doi:10.1186/1472-6947-8-39

Ammenwerth, E., Ehlers, F., Kutscha, A., Kutscha, U., Eichstadter, R., and Resch, F. (2002). Supporting patient care by using innovative Information Technology: A case study from clinical psychiatry. *Disease Management and Health Outcomes*, 8,479–487. doi:10.2165/00115677-200210080- 00004

Armstrong, M. (2003). *How to be an even better manager*. London, UK: Kogan Page.

Bates, D. W. (2002). The quality case for Information Technology in healthcare. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 2(7).

Bido, D. (2006). SmartPLS forums. Retrieved from http://www.smartpls.de/ forum/ viewtopic.php?t=185andhighlight =multicollinearity

Birkmeyer, J., Birkmeyer, C., Wennberg, D., and Young, M. (2000). *Leapfrog safety standards: Potential benefits of universal adoption*. Washington, DC: The Leapfrog Group.

Borger, C., Smith, S., Truffer, C., Keehan, S., Sisko, A., Poisal, J., et al. (2006). Health spending projections through 2015: Changes on the horizon. *Health Affairs Web Exclusive*, W61.

Boyes, W., and Melvin, M. (2008). *Microeconomics* (7th ed.). Boston, MA: Houghton Mifflin Company.

Brooks, R., Menachemi, N., Burke, D., and Clawson, A. (2005). Patient safety-related Information Technology utilization in urban and rural hospitals. *Journal of Medical Systems*, 29(2), 103–109. doi:10.1007/s10916-005-2999-1

Catlin, A., Cowan, C., and Heffler, S. (2006). National health spending in 2005. *Health Affairs*, 26(1), 142–153. doi:10.1377/hlthaff.26.1.142

Chin, W. W. (1998). Issues and opinion on structural equation modeling. *Management Information Systems Quarterly*, 22(1), 1–12.

Chin, W. W., and Newsted, P. R. (1999). *Structural equations modeling analysis with small samples using partial least squares. Statistical strategies for small sample research*. Sage.

Cleverley, W. (1995). Understanding your hospital's true financial position and changing it. *Health Care Management Review*, 20(2).

Cleverley, W., and Harvey, R. (1992). Competitive strategy for successful hospital management. *Hospital and Health Services Administration*, 37(1),53–69.

Cutler, D., Feldman, N., and Horwitz, J. (2005). U.S. adoption of computerized physician order entry systems. *Health Affairs*, 24, 1654–1663. doi:10.1377/ hlthaff.24.6.1654

Datamonitor. (2006). *US consumer healthcare IT spending forecast* (databook). Market Research.com.

Devaraj, S., and Kohli, R. (2000). Information Technology payoff in the health-care industry: A longitudinal study. *Journal of Management Information Systems*, 16(4), 41–67.

Donabedian, A. (1966). Evaluating the quality of medical care. *The Milbank Quarterly*, 83(4), 691–729. doi:10.1111/j.1468-0009.2005.00397.x

Dorenfest, S. I. (2004a). *ITAA e-health: The healthcare Information Technology spending outlook with Sheldon I. Dorenfest*. Information Technology Association of America.

Dorenfest, S. I. (2004b). *Technology spending is growing rapidly*. Retrieved March 13, 2007, from www.dorenfest.com /pressrelease_feb2004.pdf

Fonkych, K., and Taylor, R. (2005). *The state and pattern of health Information Technology adoption*. Santa Monica, CA: RAND.

Fornell, C., and Larcker, D. (1981). Evaluation structural equation models with unobservable variables and measurement error. *JMR, Journal of Marketing Research*, 18(February), 39–50. doi:10.2307/3151312

Gaba, D. (2000). Structural and organizational issues in patient safety: A comparison of healthcare to other high-hazard industries. *California Management Review*, 43(1), 83–102.

General, O. o. I. (1988). *National DRG validation study- Unnecessary admissions to hospitals*.

Gerbing, D. W., and Andersen, J. G. (1988). An updated paradigm for scale development incorporating unidimensionality and its assessment. *JMR, Journal of Marketing Research*, 25(May), 186–192. doi:10.2307/3172650

Goolsby, K. (2003). Outsourcing to rid healthcare's pain. Retrieved from www.outsourcing-analyst.com

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatum, R. L., and Black,W. C. (1998). *Multivariate data analysis* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., and Tatum, R. L. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc.

Harrison, J., and Sexton, C. (2004). The paradox of the not-for-profit hospital. *The Health Care Manager*, 23(3), 192–204.

Hayden, E. (2005). Nonprofit hospitals face structural as well as financial challenges: Lessons from Massachusetts. *Hospital Topics*, 83(3), 2–7. doi:10.3200/ HTPS.83.3.2-8

Henderson, C. K. (1965). The dispensing trilemma. *The American Journal of Nursing*, 65(12), 58–62. doi:10.2307/3419689

Jha, A., DesRoches, C., Campbell, E., Donelan, K., Rao, S., and Ferris, T. (2009). Use of electronic health records in U.S. gospitals. *The New England Journal of Medicine*, 360, 1628–1638. doi:10.1056/NEJMsa0900592

Khuspe, S. (2004). *Effects of staffing and expenditure variables on after surgery patient safety in Florida hospitals*. University of South Florida.

Kienle, P. (1997). Consolidating of pharmacy department in a regional health system. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 54, 1076–1079.

Kim, Y., Glover, S., Stoskopf, C., and Boyd, S. (2002). The relationship between bed size and profitability in South Carolina hospitals. *Journal of Health Care Finance*, 29(2), 53–63.

McCracken, M., McIlwain, F., and Fottler, M. D. (2001). Measuring organizational performance in the hospital industry: An exploratory comparison of objective and subjective methods. *Health Services Management Research*, 14(4), 211–219. doi:10.1258/0951484011912717

McCue, M. J., and Draper, D. A. (2004). How DSH payments might mislead the financial assessment of government-owned hospitals. *Journal of Health Care Finance*, 30(4), 59–67.

McCullough, J. (2007). The adoption of hospital Information Systems. *Health Economics*, 17, 649–664. doi:10.1002/hec.1283

Medicine, I. o. (2001). *Crossing the quality chasm: A new health system for the 21st century*. Washington, DC: National Academy Press.

Menachemi, N., Burkhardt, J., Richard, S., Darrell, B., and Robert, G. B. (2006). Hospital Information Technology and positive financial performance: A different approach to finding an ROI. *Journal of Healthcare Management*, 51(1), 40–58.

Monegain, B. (2006). *Report: Healthcare IT spending to grow to $39.5 billion by 2008*. Healthcare IT News.

Nunnally, J. (1967). *Psychometric theory*. New York, NY: McGraw-Hill.

Paré, G., and Sicotte, C. (2001). Information Technology sophistication in healthcare: An instrument validation study among Canadian hospitals. *International Journal of Medical Informatics*, 63(3), 205–223. doi:10.1016/S1386-5056(01)00178-2

Peirpont, G., and Thilgen, D. (1995). Effect of computerized charting on nursing activity in intensive care. *Critical Care Medicine*, 23, 1067–1073. doi:10.1097/ 00003246-199506000-00012

Pizziferri, L., Kittler, A., Volk, L., Honour, M., Gupta, S., and Wang, S. (2005). Primary care physician time utilization before and after implementation of an electronic health record: A time-motion study. *Journal of Biomedical Informatics*, 38, 176–188. doi:10.1016/j.jbi.2004.11.009

Plebani, M. (2007). Errors in laboratory medicine and patient safety: The road ahead. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 45(6), 700–707. doi:10.1515/CCLM.2007.170

Raymond, L., and Pare, G. (1992). Measurement of IT sophistication in small manufacturing businesses. *Information Resource Management*, 5(2), 4–16.

Rosko, M. D. (2004). Performance of major teaching hospitals during the 1990s: Adapting to turbulent times. *Journal of Health Care Finance*, 30(3), 34–48.

Rossiter, J. R. (2002). The C-OAR-SE procedure for scale development in marketing. *International Journal of Research in Marketing*, 19, 305–335. doi:10.1016/S0167-8116(02)00097-6

Smith, H. L., Bullers, W. I. Jr, and Piland, N. F. (2000). Does Information Technology make a difference in Healthcare organization performance? A multiyear study. *Hospital Topics*, 78(2), 13. doi:10.1080/00185860009596548

Snyder-Halpern, R., and Wagner, M. (2000). Evaluating return-on-investment for a hospital clinical Information System. *Computers in Nursing*, 18(5), 213–219.

Sobol, M. G. (2000). Segmenting health maintenance organizations to study productivity and profitability. *Journal of Health Care Finance*, 26(4), 78–89.

Sobol, M. G., and Smith, G. N. (2001). The impact of IT adoption on hospital staffing and payroll. *International Journal of Healthcare Technology and Management*, 3(1), 75–93. doi:10.1504/IJHTM.2001.001106

Srinivasan, A. (1985). Alternative measure of system effectiveness: Associations and implications. *Management Information Systems Quarterly*, 9(3), 243–253. doi:10.2307/248951

Tan, J. K. H., and Modrow, R. E. (1999). Strategic relevance and accountability expectations: New perspectives for healthcare Information Technology design. *Topics in Health Information Management*, 19(4), 1.

Tennyson, D. H., and Fottler, M. D. (2000). Does system membership enhance financial performance in hospitals? *Medical Care Research and Review*, 57(1), 29–50. doi:10.1177/107755870005700103

US Department of Health and Human Services. (2007). *AHRQ - Guide to inpatient quality indicators*, ver. 3.1.

Van de Venn, A., and Ferry, D. (1980). *Measuring and assessing organizations*. New York, NY: Wiley.

Wang, B., Wan, T., Burke, D., Bazzoli, G., and Lin, B. (2005). Factors influencing health Information System adoption in American hospitals. *Health Care Management Review*, 30, 44–51.

Ward, M. M., Diekema, D. J., Yankey, J. W., and Vaughn, T. E., BootsMiller, B. J., Pendergrast, J. F., et al. (2005). Implementation of strategies to prevent and control the emergence and spread of antimicrobial-resistant microorganisms in US hospitals. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 26(1), 21–31. doi:10.1086/502483

Westland, J. (2007). *Confirmatory analysis with partial least squares*. University of Science and Technology.

Wold, H. (1981). *The fix-point approach to interdependent systems: Review and current outlook* (pp. 1–35). Amsterdam, The Netherlands: North-Holland Publishers.

الفصل الحادي والعشرون

تطبيق أنظمة المعلومات الجغرافية على معطيات الرعاية الصحية لتطوير الدراسات الوبائية

جوزيف م. وودسايد

جامعة كليفلاند، الولايات المتحدة الأميركية

إفتخار أ. سيكدر

جامعة كليفلاند، الولايات المتحدة الأميركية

ملخص

تعتمد ممارسات الرعاية الصحية على نحو متزايد على التقانات المتقدمة لتحسين قدرات التحليل بغية اتخاذ القرار. وبوجه خاص، توفر المُقاربة المكانية الوبائية لدراسات الرعاية الصحية رؤية مهمة في تقييم التدخل الصحي والقرارات عبر تطبيقات أنظمة المعلومات الجغرافية (Geographic Information Systems) (GIS). يعطي هذا الفصل صورة عن تحليل زماني – مكاني (Space-Time) للتجمعات باستعمال إحصاءات مسح (Kulldorff, 1999)، ومؤشرات موضعية للارتباط الذاتي المكاني، وإحصاءات-G التي تضم معطيات خدمات سريرية روتينية بصفتها جزءاً محدوداً من مجموعة معطيات جمعتها مؤسسة الرعاية الصحية لشمال شرق أوهايو في الفترة 1994-2006. الهدف هو إيجاد المزيد من التغيرات المكانية والزمانية – المكانية في سرطان الرئة وتحديد الإمكانات الكامنة للمراقبة

ولإدارة الرعاية الصحية. قورنت النتائج مع أبحاث سابقة (Tyczynski and Berkel, 2005)؛ ولقد لوحظت نقاط تشابه في القيم الديموغرافية للمرضى في المنطقة المستهدفة من الدراسة. توفر الاكتشافات أيضاً دليلاً على أنّ معطيات التشخيص المُجمّعة بنتيجة الخدمات الصحية المقدّمة يمكن أن تُستعمل في اكتشاف الأنماط الكامنة للأمراض و/ أو أنماط الاستعمال، مع هدف رئيسي لتحسين المخرجات الصحية.

مقدمة

جعل الطلب المتزايد على تحليل المعطيات الصحية على السُلّمين المكاني والزمني من التقانات البازغة مثل أنظمة المعلومات الجغرافية (Geographic Information) (GI) (Systems أداةً أساسية لأنظمة معلومات الرعاية الصحية. في إطار الرعاية الصحية يفيد تطبيق هذه التقانات الجديدة في تحليل المعطيات الصحية وتخطيط خدمات الرعاية الصحية بفيفر، روبنسون، ستيفنسون، ستيفنس، روجرز و كليمنتس (Pfeiffer, Robinson, Stevenson, Stevens, Rogers and Clements, 2008). لقد بيّنت قدرة GIS على إدارة واسترجاع المعطيات ذات المرجع الجغرافي قيمتها في مُكاملة النماذج الوبائية المعقدة عبر إظهار العلاقات المكانية والزمنية. ولقد اعتُرِف بهذا من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO):

توفر أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) منصات مثالية لتجميع معلومات خاصّة بالأمراض وتحليلها بما يتعلّق بالتجمعات السكانية المحيطة بالخدمات الاجتماعية والصحية والبيئة الطبيعية. إنها مُناسبة جداً لتحليل المعطيات الوبائية، وكشف النقاب عن التوجهات والعلاقات البينية التي كان من الصعب اكتشافها لو عُرضت بالصيغة الجدولية. وعلاوة على ذلك، يتيح GIS لصنّاع السياسات أن يروا المشاكل المتعلقة بالخدمات الاجتماعية والصحية القائمة والبيئة الطبيعية، ومن ثَم استهداف الموارد بفاعلية أكثر (World Health Organization, 2008).

ليس التحليل الجغرافي مهماً لتحديد أنماط مُخرجات الرعاية الصحية فقط، ولكنه يوفر أيضاً رؤية لفهم الاقترانات والروابط مع السيرورات السياسية وصنّاع السياسات كروملي وغاتريل (Cromley, 2002; Gatrell, 2002). توفر المعطيات الصحية من مؤسسات الرعاية الصحية الفرصة لتحليل الأنماط الجغرافية غير المعتادة للأمراض. يمكن استعمال معطيات الرعاية الصحية الروتينية المُجمّعة والمُخزّنة في الأنظمة الصحية لتحديد التجمعات المرضية أو أنماط الاستعمال. وحديثاً جرى البحث عن طرائق لتحسين تحديد الهوية ضمن برامج إدارة الأمراض والحالات.

توفر معطياتُ الخدمة السريرية الواقعية المخزّنة في أنظمة معلومات الرعاية الصحية الفرصةَ لتحليل الأنماط المكانية الزمنية بأدق التفاصيل. غالباً ما يؤدي تقصّي الأنماط الوبائية المكانية والزمانية – المكانية إلى تفسير العوامل التي يمكن أن تولّد حالة صحية سيئة. تَستعمل هذه الدراسة معطيات خدمة روتينية مُجمّعة لإيجاد التغيرات الزائدة مكاناً أو زماناً في الخدمات المُقدّمة حيث كان التشخيص الأوّلي هو سرطان الرئة. من وُجهَة نظر الإدارة في الرعاية الصحية، إذا جرى اكتشاف تجمعات وربط عوامل تفسيرية، أتاح هذا الفهمُ رعايةً أفضل للمرضى، أي خدمةُ تجمعٍ سكاني بعينه بواسطة مُختصين مُستَهدفين، ومنع انتشار المرض بين السكان. يهدف هذا البحث إلى دراسة طرائق التجميع المختلفة للأنماط المكانية والزمانية – المكانية لسرطان الرئة، وخصوصاً لمعطيات الخدمة السريرية الروتينية التي جمعتها مؤسسة الرعاية الصحية في شمال شرق أوهايو في الفترة 1994-2006.

نظام المعلومات الجغرافية (GIS)

تُكامِل أنظمة المعلومات الجغرافية التطبيقات الحاسوبية والمعطيات بهدف التقاط، وتخزين، واستعلام وتحليل ونمذجة المعلومات الجغرافية والمكانية وذلك لتحسين اتخاذ

القرار. تتميز أنظمة GIS عن غيرها من أنظمة المعلومات، على أساس قدرتها على استعمال المعطيات الجغرافية (ESRI, 2010; Chang, 2006). تعود أصول GIS إلى سنوات الستينات والسبعينات من القرن الماضي، وأُدخلت إلى سياق الاستعمال العام في فترة التسعينات مع إضافة واجهة تخاطب بيانية، وخفض تكاليف البرمجيات والعتاد، وتوفر المعطيات. لقد استُعمل GIS في طيف واسع من التطبيقات تشمل: تخطيط الموارد الطبيعية، وإدارة المخاطر، وتوزيع الجرائم، والنقل، والملاحة، والزراعة، ومراقبة البيئة، وعلم الأوبئة، وغيرها (Chang, 2006; Li, 2008).

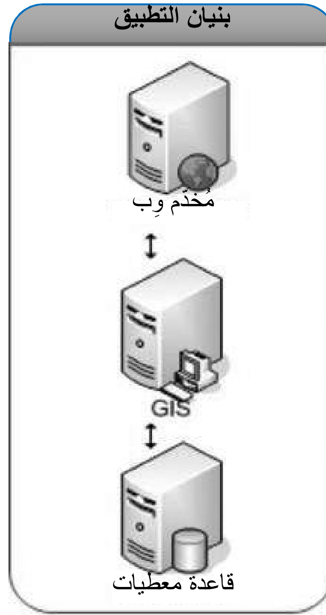
يعرض بنيان التطبيق أدناه المكوّنات الأساسية ضمن نظام معلومات رعاية صحية للدراسات الوبائية: مُخدّم ويب وGIS وقاعدة معطيات. تشتمل مُكونة الويب على مدخل للمعطيات، وتبادل، ونقل بالإضافة إلى واجهة تخاطب مركزية لمعلومات الرعاية الصحية. يتيح مُخدّم الويب أيضاً رؤية المعطيات المعروضة إما في المكان أو من بُعد، مما يمكّن من زيادة إمكان النفاذ إلى المعلومات من قِبَل المستعمل النهائي. يحتفظ GIS بمعلومات جغرافية ومكانية، ويضم أيضاً أدوات تحليل معطيات وأدوات إحصائية، مثل تحليل المسارات، واستعلام المعطيات، واستكشاف معطيات الخرائط، وتوزيع التكرارات، والانحدار، وتحليل كاي تربيع χ^2، والتحليل المتعدد المتغيرات بغية تحليل معطيات الرعاية الصحية لصنع القرار. تحتوي قاعدة المعطيات أشكالاً مُكامَلة من معطيات الرعاية الصحية، وتحتفظ بالنوعية والتسلسل الزمني والتجميعات وغيرها من بنود إدارة المعطيات. وتشتمل المُدخلات الشائعة على معطيات أوّلية، ومعطيات مترفعة أو وصف للمعطيات، ومعطيات الخرائط (Chang, 2006; Li 2008).

تطبيقات GIS في الرعاية الصحية

إنّ نظام GIS مع معطيات مرمّزة جغرافياً هو هدف مفتاحي ضمن إطار الرعاية الصحية، وذلك بهدف خفض التكاليف، ومراقبة الأمراض، والتدخّلات. في (Healthy People, 2010)، جرى استهداف GIS للاستعمال في أنظمة الرعاية الصحية عند نسبة

90% من الخط المرجعي الحالي عند 45% (CDC, 2010). لقد استُعملت تطبيقات أنظمة GIS في تنوع من فئات خدمة الرعاية الصحية تشمل علم انتشارالأوبئة، الصحة العامة، والرعاية الموجّهة، مع أمثلة محدّدة معروضة أدناه.

الشكل (1). بنيان التطبيق



في حالة علم انتشار الأوبئة، شملت تطبيقات GIS اكتشاف الحالة المرضية من طريق التجميع، وتحسين الجودة، واحتواء التكاليف. فمثلاً في (Amin et al, 2010)، يستعمل الكتّاب التجميع المكاني والزماني – مكاني في GIS لاكتشاف معدلات السرطان عند الأطفال في فلوريدا، مكتشفين عوامل بيئية أو عوامل خطر كامنة في مناطق جغرافية. وفي (Yu et al., 2004)، يستعمل المؤلفون GIS لتحديد التحسينات في الجودة وعوامل التكلفة المقترنة بالحالات الشائعة ضمن مجتمع المحاربين القدماء مثل فشل القلب

المزمن (CHF)، وسرطان الأمعاء الغليظ والشرج، والسكري، والإيدز، ونقص تروية القلب، والأمـراض النفسـية، وإصــابات الحبـل الشـوكي (SCI)، والسـكتة الدماغيــة، واسـتعمال المخـدرات. سـاعدت مخرجـات GIS فـي تطـوير السياسـات بشـأن توزيـع المـوارد، وفـي اعتبارات الجودة، وتحديد التكاليف. واستعمل CDC و(Huang et al., 2010) لتحديد تفشـي السمنة بالتلازم مع حـالات أخرى مثل السكري. ولقد حددت الاكتشـافات تباينـات جغرافيـة معنوية على مستوى الولايـة فـي كل من المكونتين المكانيـة والزمانيـة – المكانيـة (Amin, 2010; CDC, 2010; Huang, 2009, Yu, 2004). وبشـأن الأوبئـة الصـيدلانية، طبّـق براونشتاين وآخرون (Brownstein et al., 2010) أنظمة GIS لتطوير خرائط خطر لإساءة استعمال أشباه الأفيون بهدف المساعدة في تخطيط التدخل الصـحي. لقد وُجدت تجمعـات معنويـة يمكـن اسـتعمالها فـي تحديـد مـدى تـوفر الوصـفات الطبيـة، لتسـتعملها مؤسسـات الصحة العامة في التخطيط، ومراقبة المعالجة (Brownstein et al., 2010).

مُراقبـة الأمـراض البيئيـة هـي مُكـوِّن مفتـاحي فـي مراقبـة الرعايـة الصـحية. ولقـد رُبطـت حـالات مثـل الإصـابات السـرطانية، التشـوهات الولاديـة، الربـو، إنفلـونزا الطيـور، والمشـاكل التنفسـية بعوامـل بيئيـة. لقـد جُمعـت المعطيـات البيئيـة لعـدّة عقـود مـن قبـل المنظمات الحكومية، على الرغم من كونها محتواة في مواقع متباعدة. يقترح المؤلفون فـي (Li et al., 2008) نظـام GIS متكامـل مـع نظـام مراقبـة بيئيـة، واسـتعملوا إصـابة الربـو بصـفتها خريطـة GIS مُقابل الانبعاثات الغازيّة. وفـي (Stelling et al., 2010)، يستُعمل اكتشاف الجائحات بواسطة مراقبة GIS. وجرى تحديد هويـة الأحداث الإحصائية والرجوع إلـى الأقسـام الصـحية، بهدف الحصـول علـى إجابـات تقريبيـة. تسـتطيع هـذه الأنظمـة أن تراقب بالزمن الحقيقي لتحسين الصـحة العامة (Li et al., 2008; Stelling et al., 2010).

الجدول (1). تطبيقات GIS في الرعاية الصحية

فئة خدمات الرعاية الصحية	تطبيق GIS في الرعاية الصحية	الأعمال الداعمة
علم الأوبئة	احتواء كلفة الرعاية الصحية تحسين النوعية اكتشاف الأمراض	Yu et al. (2004). Amin et al. (2010). Huang et al. (2010).
علم الأوبئة الصيدلانية	إساءة استعمال المواد اكتشاف التجمعات إدارة المخاطر الصيدلانية	Brownstein et al. (2010).
الصحة العامة	اكتشاف الجائحات المراقبة البيئية	Ling et al. (2008). Stelling et al. (2010).

مثال عن تطبيق GIS: تحليل تجمعات زمانية – مكانية

إنّ السؤال حول ما إذا كانت الأمراض مثل سرطان الرئة أو سرطان الثدي مجمّعة مكانياً هو مجال بحث نشط (Lawson, Biggeri, Böhning, Lesaffre, Viel, and Bertollini, 1999; Lawson and Denison, 2002; Marshall, 1991; Tango and Takahashi, 2005). ولمّا كان اكتشاف أنماط التجمعات المكانية والزمانية لسرطان الرئة حسّاس لخوارزمية تعيين التجمعات المستعملة، كان من الصعب تقييم النتائج من طريقة واحدة (Jacquez and Greiling, 2003). وحالياً، يعتمد مُعظم التحليل المُقارِن لتجمعات الأمراض على معطيات مُحاكاة (Ozonoff, Bonetti, Forsberg, Pagano, 2005). طوّر

تيزنسكي (Tycznski) أطلساً واسعاً للسرطان في أوهايو تضمّن طريقة "تمليس" (Smoothing) حيث جرى حساب متوسطات مُثقّلة لعدد من حالات السرطان في كل مُقاطعة في مُقابل الموقع الجغرافي للمرضى المصابين بالسرطان عند التشخيص. ولكن، جرى توليد التجمعات بالنظر إلى الجانب المكاني فقط، ولم تُذكر المواصفات الزمانية للتجمع (Tuczynski et al., 2005).

اعترافاً بالتعريف المعتمد في علم الأوبئة للتجمع، اعتمدت هذه الدراسة التعريف الشكلي للتجمع الذي يُشير إلى نماذج مواقع الحالات المرضية، نسبة إلى نماذج مواقع اللاحالات (Wakefield, Kelsall and Morris, 2000). من حيث المبدأ، لمّا كانت الحالات أكثر تجمّعاً من اللاحالات، أمكن تعرّف الفرق بين النمطين إحصائياً. حدسياً، التجمع هو زيادة في قيمة تتجاوز القيمة الطبيعية في المكان و/ أو الزمان. وكلما قَرُب تعريف تجمّع سكّاني، كانت الزيادة في القيمة الموافقة للتجمع السكاني أكبر، وكانت الثقة أكبر. تشتمل التقييمات الأولية للتجمعات على مراجعات لحالات، وحدود المكان والزمان، والعدد المُقدّر للحالات، وتقديرات نسب الوفيات المُقيَّسَة، والثقة الإحصائية، والاتصالات العامة. لقد كان تحليل التجمعات يُستعمَل تكراراً لتحديد ظهور الأمراض أو التوجهات الموضعية غير المعتادة في أنماط الأمراض (Alexander, 1992).

ولقد جرى استثمار قدر كبير من الأبحاث في السياقين الزمني والمكاني في إحصاءات المسح بهدف تحديد تجمعات الأمراض. ولقد طُبقَتْ النظرية بنجاح في تنوع واسع من الدراسات الوبائية لاكتشاف التجمعات (Viel, Arveux, Baverel and Cahn, 2000; Perez, Ward, Torres and Ritacco, 2002; Sankoh, Ye, Sauerborn, Muller and Becher, 2001) ولقد وُجِدَ أنّها أقوى الطرائق في اكتشاف التجمعات المحلية (Kulldorff, Tango and Park, 2003; Song and Kulldorff, 2003). مثالياً، هذه الطريقة مُناسبةٌ عندما يحتاج المرء لإجراء مسح بحثاً عن تجمعات مكانية تتغير مع مرور الزمن. ولمّا كانت طريقة اكتشاف التجمعات غير مُراقبة بشكل كامل، ليست هناك حاجة إلى

معرفة سابقة لحجم المجتمع العينة. تعتمد الطريقة على مفهوم "النوافذ" التي تُعرَّف باحتوائها على مجتمع عينة ثابت (N^*)، وتكون متمركزة حول مركز كل منطقة. تُحدد الخوارزمية زيادة ملموسة في عدد الحالات ضمن نافذة متحرّكة سابقة التعريف، تمسح جميع المواقع زمانياً ومكانياً مسحاً شاملاً، وتستمر في زيادة حجمها زمناً ومكاناً حتى تصل إلى حدٍّ أعلى. يُستعمل العدد الأعظمي للحالات $M = \max_j Y_j(N^*)$ بين جميع النوافذ بصفته اختباراً إحصائياً. في هذه الحالة، يمثل j أدلّة المناطق المحمية بـ N^*. ويمكن أيضاً استعمال عدد ثابت لمجتمع العينة من طريق وضع قيود سابقة التعريف (مثلاً، يجب أن يكون حجم المجتمع ضمن دائرة أقل من نسبة محددة من الحجم الكلي للمجتمع في منطقة الدراسة). طبق كولدورف وآخرون ويالمارس وآخرون (Hjalmars et al., 1996) و(Kulldorff et al., 1997) طريقةً مُشابهة لاكتشاف عدد حالات سرطان الدم في الطفولة وسرطان الثدي. يعتمد الاختبار الإحصائي على إحصاء نسبة المعقولية العظمى على جميع الدوائر.

$$L = \max_j \left(\frac{Y_j}{E_j}\right)^{Y_j} \left(\frac{Y_+ - Y_j}{Y_+ - E_j}\right)^{Y_+ - Y_j} I(Y_j > E_j) \qquad (1)$$

حيث يمثل Y_j و E_j بالترتيب عدد الحالات المُلاحَظ والعدد المتوقع ضمن النافذة j. التابع المُميِّز $I(\cdot)$ يأخذ القيمة 1 عندما يتجاوز العدد المُلاحَظُ العددَ المتوقعَ للحالات ضمن النافذة، وإلاّ فإنه يأخذ القيمة 0. وعندما نمرّ بنافذة فيها أكبر قدر من الزيادة، يجري تحديد التوزيع التجريبي لنسبة المعقولية باستعمال اختبار (Monte Carlo) للحالات النوافذ تحت فرضية التوزيع العشوائي. وعليه يجري تعيين توزيع إحصاء المعقولية تحت الفرضية الصفرية. تكون النتيجة معنوية عند عتبة 0.05 إذا كانت نسبة المعقولية من بين نسبة الـ 5% الكبرى بين جميع القيم. ومن الممكن أيضاً تحديد تجمع ثانوي عند مستوى معنوية أخفض.

لقد طبّقنا طريقة (SaTScan) للتحليل المكاني والزماني – مكاني بهدف اكتشاف التجمعات المحلية (Kulldorff, 1997). وبسبب التوجهات الزمنية، يمكن توليد التجمعات عند حدوث تغيرات في المستوى ضمن المعطيات صعوداً أو هبوطاً. لهذا السبب، يضبط نموذج التبديل الزماني – المكاني نفسه آلياً في حالة هذه التوجهات الزمانية في المعطيات. استعملنا في الدراسة معطيات الحالات، حيث يتعين الموضع المكاني برماز يتضمن خط طول وخط عرض المركز، ويتعين الزمن بشهر تقديم الخدمة. يُقارَن العدد الفعلي للحالات في تجمع مع المقدار المتوقّع في حالة كون جميع المواقع الزمانية والمكانية في جميع السجلات مستقلة. ونقول إنّ تجمّعاً موجود في موقع مكاني إذا كانت هناك زيادة (أو انخفاض) في عدد الحالات، أثناء الفترة الزمنية المدروسة، بالمقارنة مع المناطق المُجاورة. ويجري تعريف الإحصاء الزماني– المكاني باستعمال نافذة أسطوانية بقاعدة مكانية وارتفاع زماني. يجري تحريك النافذة في المكان والزمان، ويجري إنشاء هذه الأسطوانة في كل حالة من الحالات. تأخذ الخوارزمية في الاعتبار الاختبارات المتعدّدة من طريق تعيين المعقوليّة العظمى للظهور في جميع المواقع والقياسات الممكنة للتجمعات (Kulldorff, 1997,2001). أجرينا في هذه الدراسة تحليلاً رجعياً بدلالة الأشهر، في الفترة من كانون الثاني/ يناير 1994 وحتى أيار/ مايو 2006. في كل نافذة، تنص الفرضية البديلة على وجود خطر زائد.

استُعمل النموذج البواسوني لنموذج التبديل الزماني– المكاني لأن هذا يتيح ضبط المتغايرات، التي هي العمر والجنس في حالتنا. يجرى حساب الحدّ الأعلى للمعقولية على جميع النوافذ. وتصف النافذة ذات المعقولية العظمى التجمّع المنشود. يجري حساب إحصاء الاختبار من طريق توليد عيّنة عشوائية كبيرة من المعطيات تحت الفرضية الصفرية. ويُستعمل اختبار (Monte Carlo) للحصول على القيمة المتوقعة. في هذه الدراسة، جرى توليد نسخ (Monte Carlo) لإنتاج قيمة-P عند 0.001. وجرى استعمال المتغايرات لأنّ التجميع يمكن أن يحدث بسبب المتغايرات. ويجري ضبط المتغايرات لمنع

هذا التجميع الخاطئ. أمّا الدقة الزمنية فقد كانت شهرية وامتدت من كانون الثاني- يناير 1994 وحتى أيار- مايو 2006 على أساس المعطيات المتوافرة عند جمع المعطيات. القياس الأعظمي مكاناً وزمناً للتجمع كان القيمة المُغتَفَلة 50% من الحالات (Kulldorff, 2005). ولّد إحصاء المسح تجمعات أولية وثانوية وجرى تصدير النتائج بصيغة ASCII، احتوت على قيم نسب المعقولية والمستويات المعنوية لمنطقة الدراسة. وأخيراً جرى استيراد ملف الخرج إلى بيئة GIS من (ArcGIS) لتظهير موقع التجمع لتحليل مكاني إضافي. وجرى أيضاً استعمال نموذج بواسون للنموذج الاحتمالي الصرف، وهو يتبع من قُرب نموذج التبديل الزماني- المكاني. ولكن يستعمل هذا النموذج ملف عيّنة يتضمن معلومات تتعلق بالأفراد المعرضين للخطر، وأخذت من ملف (Zip-Code) لعام 1999 من مكتب الإحصاء الأميركي (US Census Bureau). ولما كان هذا الملف لا يضم مواصفات إضافية للأفراد مثل العمر والجنس، فقد استثنى ملفًا الحالات والأفراد هذه المواصفات من النموذج(Kulldorff, 1997; U.S. Census Bureau, 1999).

يوفر تحليل الترابط الذاتي المكاني تجمعات محلية وشاملة يمكن اكتشافها بواسطة إحصاء (I) لموران (Moran). يمكن اكتشاف النموذج الشامل من رسم الانتشار بواسطة Scatterplot لموران، حيث يمثل مَيل مستقيم الانحدار إحصاء I. لقد طبّقنا طريقة المؤشرات الموضعية للارتباط الذاتي المكاني (LISA) (local indicators of spatial autocorrelation) باستعمال حالات العيّنة الموافقة لكل رماز بريدي Zip Code. يُعطى إحصاء Moran المحلي الموافق للموضع i كما يلي (Wong and Lee, 1999) :

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j \qquad (2)$$

حيث z_i و z_j هما الانحرافات عن الوسطي لقيمة x الموافقة، وحيث z_i هي تقدير -z للمقدار x_i. تشير قيمة مرتفعة لإحصاء موران I إلى قيم مقترنة، في حين تُشير قيمة منخفضة إلى قيم غير مقترنة. المصفوفة المُقيّسَة سطرياً، المستعملة لتقدير أوزان جوارات

كل وحدة، معرّفة بالأعداد w_{ij} (Wong et al., 1999). عندما تتضمن الدراسة قياس معدلات موارن I، يمكن أن يُخترق افتراض الاستقرار الكامن بسبب عدم استقرار التباين المتأصل للمعدّلات. ولمّا كان المجتمع المعرّض للخطر في الدراسة يتغير تغيّراً معنوياً تبعاً للرماز البريدي للمرضى، يمكن أن يقود عدم الاستقرار إلى استنتاج فارغ لإحصاء موران (I). ولأخذ هذا المفعول في الحسبان، طُبق تقييس بايز تجريبي باستعمال الرماز البريدي للأفراد بصفته متغيراً أساسياً (Assuncao and Reis). استُعمل المُعدّل المُقيَّس لحساب LISA ذي المتغير الوحيد. واستعمل تحليل الارتباط الذاتي المكاني اختبارات محلية لإحصاء موران (I)، مع خرائط ثقة معنوية مولّدة عند قيمة - P قدرها 0.05 (Anselin,Syabri and Kho,2004). أُجرى تحليل الحساسية من طريق تغيير عدد التباديل (9999 مرة) عند عتبات معنوية مختلفة.

في الوقت الذي يكون فيه إحصاء موران (I) فاعلاً في تحديد وجود التجمعات لقيم تجمعات متماثلة، ولكنه غير قادر على المُفاضَلة بين القيم المرتفعة وتلك المنخفضة. هناك إحصاء ارتباط ذاتي مكاني آخر هو إحصاء (G-) العام (Getis, Ord, 1992)، وهو قادر على اكتشاف البقع الحارّة وتلك الباردة. يستعمل إحصاء (G-) أيضاً إحصاءات الجداء المتصالب لقياس الارتياط المكاني، بما يشبه إحصاء موران (I). إنّ إحصاء (G-)المحلي هو النسخة المحلية من إحصاء(G-) العام، وهو يشير كيف ترتبط قيمة كل وحدة مع الوحدات المحيطة ضمن مسافة d (Wong et al., 1999).

$$G_i(d) = \left(\frac{\sum_j w_{ij}(d) x_j}{\sum_j x_j} \right) j \neq i \qquad (3)$$

حيث $w_{ij}(d)$ هو الوزن الموافق للمسافة d، وقيمته تساوي 1 إذا كان بُعد j عن i أصغر من d؛ وإلاّ فهو يساوي 0. إنّ الجداء المتصالب للنقطتين i و j مُمَثّل بالمقدار $x_i x_j$. تشير قيمة مرتفعة للمقدار $G_i(d)$ إلى ارتباط مكاني مع قيم مرتفعة

مشابهة؛ وتشير قيمة منخفضة للمقدار $G_i(d)$ إلى قيم منخفضة وأخفض من المتوسط. تُشير قيمة-z قريبة من 0 إلى عدم وجود نمط مكاني؛ وتشير قيمة-z سالبة وصغيرة جداً إلى قيم منخفضة؛ تشير قيمة-z موجبة وكبيرة جداً إلى قيم مرتفعة (Wong et al.,1999). لقد طبقنا إحصاء-G المحلي باستعمال عينات حالات موافقة لكل رماز بريدي. واستعمل مُعدّل بايز Bayes التجريبي المُقَيَّس لتقدير إحصاءات-G.

تجميع المعطيات والتحليل

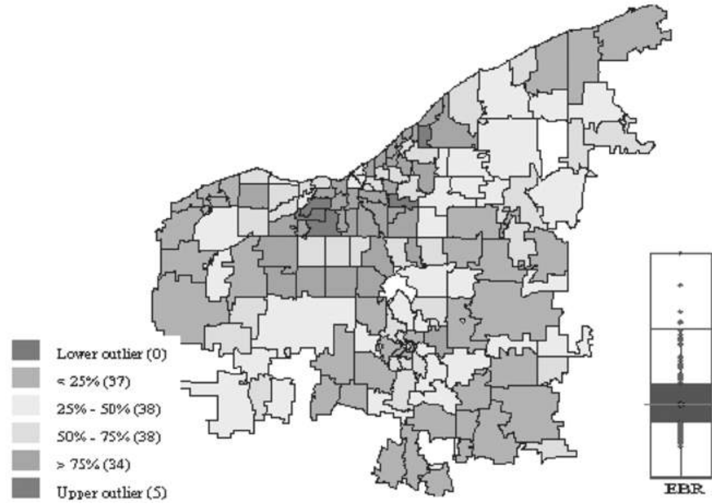
شملت الدراسة منطقة شمال شرق أوهايو. جُمعت معطيات الخدمة من الخطة الصحية لشمال شرق أوهايو بعد الحصول على الموافقة المُناسبة من هيئة المراجعة الداخلية. وهي تتضمن معطيات خدمة سريرية روتينية في الفترة من كانون الثاني/ يناير 1994 وحتى أيار/ مايو 2006. ويحتوي ملف الحالات معلومات عن حالات، حيث يمثل كل سجل خدمة منفردة (Kulldorff, 2005). وجرى حذف أسماء المرضى من مجموعة المعطيات منعاً من كشف المعلومات الفردية. وبالإضافة إلى ذلك، جرى السماح بعدد محدود من المواصفات بهدف معالجة الهدف المحدد للبحث المتمثل في إيجاد التغييرات الزائدة زمانياً أو مكانياً في حالات سرطان الرئة. ومن بين المواصفات المتوفرة في ملف الحالات نجد التشخيص الأولي، والرماز البريدي للمريض، وشهر تقديم الخدمة، والعمر، والجنس. شهر تقديم الخدمة/ التشخيص هو الشهر الذي جرى فيه جمع المعطيات وكانت متوفرة للاستعمال في الفترة من كانون الثاني/ يناير 1994 وحتى أيار/ مايو 2006. أمّا مواصفة العمر، فهي تمثل عمر المريض عند تقديم الخدمة. وفي الحالات التي كان فيها خدمات/ تشخيصات متعددة، جرى استعمال الظهور الأول لكل فرد منعاً من تكوّن تجمعات على أساس الخدمات المتعددة. وُلِّدَتْ المعطيات في شهر 07 من عام 2006 وتضمنت جميع الخدمات المُقدّمة حتى ذلك التاريخ. وفي حالة الخدمات المُقدّمة في مواقع خارجية، قد تمضي عدّة أشهر قبل استلام معلومات الخدمة، وقد تُستثنى من هذه الدراسة لهذا السبب.

قد يكون من المُمكن إعادة الحسابات على نحو دوري للتوثق من توفر أحدث مجموعة من المعطيات. ونظراً إلى متطلبات النظام من الذاكرة (حجم تخصيص الذاكرة في نظام ويندوز ذي 32 بتّاً)، وإلى محدوديّة البرمجية، طُلب أن تكون التشخيصات الفردية مُختارة وممسوحة (Kulldorff, 2005). ولقد استُعمِلَ رماز التصنيف العالمي للأمراض، (المراجعة التاسعة)، التعديل السريري (ICD-9-CM) (Code 162.XX)، لتمثيل تشخيص سرطان الرئة. أمّا وحدة التجميع الموافقة للموقع الجغرافي المستعملة فكانت الرماز البريدي في الولايات المتحدة ذا الخانات الخمس. ثُمّ جرى رسم خريطة الإحداثيات في (ESRI) من برمجية (ArcGIS 9.0). أُجري الترميز الجغرافي بواسطة إقران الإحداثيات (خط الطول وخط العرض) بالرماز البريدي لكل مريض. يحتوي ملف الإحداثيات على الإحداثيات الجغرافية لموقع كل حالة في ملف الحالات. وُحدِّدت الإحداثيات باستعمال خط الطول وخط العرض لكل رماز بريدي ذي خمس خانات لمريض، مُدخَلَة باستعمال الدرجات العشرية، وفي حالة التطابق كان يجري تجميع عدّة إحداثيات لتمثيل موقع واحد. وكلُّ رماز بريدي لمريض كان يُرمّز جغرافياً إلى المركز باستعمال ملف إحصاء الرمازات البريدية لعام 1999 الذي يحوي خط الطول وخط العرض. وبهدف إجراء تحليل جغرافي بما يعكس أغلبية سجلات العينة، جرى استعمال منطقة مكونة من أربع عشرة مقاطعة ذات رمازات بريدية متجاورة لتُمثّل منطقة شمال شرق أوهايو. واحتوَت مجموعة المعطيات المستعملة في التحليل عدداً كلياً من 2364 سجلاً أو خدمة أولية لمرضى تتضمن رماز سرطان الرئة (ICD-9-CM Code 162.XX) بصفته التشخيص الأولي، و152 رمازاً بريدياً لمرضى.

ولأخذ عدم استقرار التباين المتأصل بيلي و غاتريل (Bailey and Gatrell, 1995) في حدوث سرطان الرئة، جرى استعمال تمليس بايز التجريبي كليتون و كالدور (Clayton and Kaldor, 1987)، حيث جرى فيه ضبط المعدلات الأولية على قيمة المتوسط في منطقة الدراسة. أمّا التقنية فتنصّ على حساب المتوسّط المُثقَّل بين المعدلات

الأوليّة لكل رماز بريدي ومتوسط منطقة الدراسة مع أوزان متناسبة مع حجم المجتمع المعرّض للخطر. بكلمة أخرى، ستميل الرمازات البريدية الصغيرة (أي، التي لها مجتمع صغير معرض للخطر) لأن تُضبط معدلاتها ضبطاً كبيراً، أمّا المعدّلات لموافقة لرمازات بريدية أكبر فبالكاد ستتغير (Clayton and Kaldor, 2005). يبين مصور العُلب المملّسة بطريقة بايز التجريبية في الشكل (2) أنّ خمسة رمازات بريدية كانت منعزلة عليا، ووقع ما يزيد عن 34 رمازاً بريدياً ضمن نسبة 75%.

الشكل (2). مصور العُلب المملّسة بطريقة بايز التجريبية لسرطان الرئة في شمال شرق أوهايو في الفترة 1994-2006 ((Upper Outlier): متطرفة عليا، (Lower Outlier): متطرفة دنيا)



نتائج البحث

تُبيّن نتيجة إحصاء المسح المكاني أنّه يوجد تجمع لسرطان الرئة في منطقة شمال شرق أوهايو. اكتُشِفَت مناطق الزيادة على نحو معنوي إحصائياً باستعمال نموذج بواسون الاحتمالي للخدمات التي كان تشخيصها سرطان الرئة. تبين النتائج وجود تجمع معنوي إحصائياً مع خطر نسبي (Relative Risk) (RR) قدره 4.164 عند قيمة-P تساوي 0.001، يتضمن 72 رمازاً بريدياً. سردت النتائج أيضاً تجمعاً آخر معنوياً إحصائياً مع خطر نسبي قدره 0.186 عند قيمة-P تساوي 0.001، واحتوى 28 رمازاً بريدياً ضمن منطقة العينة المتجاورة. وكما كان متوقعاً، تطابقت مستويات المعنوية من قرب مع التوزيع الجغرافي للعينة. وتُبيّن نتيجة إحصاء المسح الزماني – المكاني أنه يوجد تجمع لسرطان الرئة في منطقة إحصاء المسح الزماني – المكاني. ومع أخذ المعطيات المكانية والزمانية والمتغايرات في الاعتبار، اكتُشفَت مناطق زيادة معنوية إحصائياً باستعمال إحصاء المسح

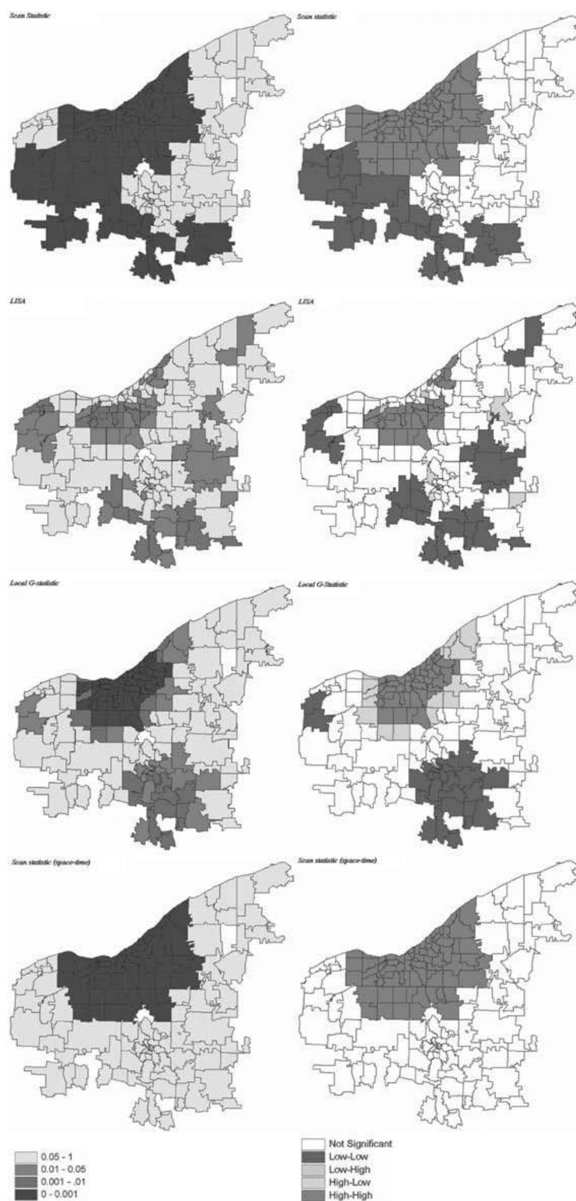
الزماني–مكاني للخدمات مع تشخيص سرطان الرئة. مُسحَتْ التجمعات أوّلاً من جهة موقع الرماز البريدي للمرضى، ثُمّ مُسحتْ لإضافة مواصفة (العمر، الجنس). وعلاوة على ذلك، مُسحَت التجمعات باستعمال فئات عمرية مداها خمس سنوات. تُبيّن النتائج وجود تجمّع معنوي إحصائياً (قيمة-P أصغر أو تساوي 0.01). يمثل التجمع الأولي المُكتشف مناطق متجاورة جغرافياً في شمال شرق أوهايو، مع خطر نسبي (RR) قدره 1.784 وقيمة-P معنوية تساوي 0.001. احتوى التجمع على 44 رماز بريدي ضمن منطقة العينة المتجاورة وامتد على الفترة الزمنية من 1999/7/1 وحتى 2002/8/31. يتغير موقع التجمع عندما يُضاف الزمن، وذلك بالمقارنة مع النموذج المكاني المحض. يبين التجمع الأوّلي عدم وجود تغير جغرافي ملموس عندما يجري ضبطه لأخذ المواصفات في الحسبان. لقد وُجد أنّ أخذ المواصفات في الحسبان ليس ضرورياً لأنّ ذلك لا يغير موضع التجمع. وجرى أيضاً تحديد تجمعات ثانوية ولكنها لم تكن معنوية إحصائياً.

يُشير تحليل (LISA) إلى تجمّع مرتفع للإصابات بسرطان الرئة في المنطقة، مع تجمعات معنوية إحصائياً (قيمة-P أصغر أو تساوي 0.05) مكونة من 89 رماز بريدي. يبين الشكل (3). الرسوم البيانية لمدى معنوية الإحصاء المكاني في حالة (LISA) من (SatScan) وإحصاء (G-) محلي. يبين الشكل أيضاً الرسوم البيانية لمدى معنوية الإحصاء الزماني– المكاني. يبين الجدول (2) مستويات المعنوية مُقاسة بواسطة قيمة-P عند المستويات 0.001، 0.01 و0.05. ومنطقة النسبة المئوية الموافقة، (إذ جرت قسمة المساحة الكلية للمنطقة المعنوية على المساحة الكلية للمنطقة حيث وُجدت حالات العينة)، وعدد حالات العينة، وعدد الرمازات البريدية المحتواة، ومتوسط العمر، والجنس، مع كل طريقة مسرودة عمودياً.

تبين نتيجة إحصاء المسح أنّه يوجد تجمع لسرطان الرئة في المنطقة في حالة الإحصاء المكاني المحض. وجرى اكتشاف مناطق الزيادة المعنوية إحصائياً باستعمال نموذج الاحتمال البواسوني المكاني للخدمات التي تحوي تشخيص سرطان الرئة. تبين

النتائج وجود تجمع مرتفع القيمة معنوي إحصائياً (قيمة-P أصغر أو تساوي 0.05) وهو يحوي 72 رماز بريدي. وبينت النتائج وجود تجمع منخفض القيمة معنوي إحصائياً يحوي 28 رماز بريدي ضمن مناطق العينة المتجاورة. وتسرد النتائج 54 رماز بريدي بصفتها غير معنوية. ويبين إحصاء المسح أيضاً أنه يوجد تجمع لسرطان الرئة في منطقة إحصاء المسح الزماني– المكاني. تبين النتائج وجود تجمع مرتفع القيمة معنوي إحصائياً (قيمة-P أصغر أو تساوي 0.01). يحتوي هذا التجمع 52 رماز بريدي ويمتد على فترة زمنية من 1999/7/1 وحتى 2002/8/31. وكان لاثنين من الرمازات البريدية إحداثيات متشابهة، مما أبقى 50 موقعاً له رماز بريدي وحيد. لم يجرِ تحديد تجمعات منخفضة القيمة. تبين نتيجة LISA تجمعاً معنوياً إحصائياً لسرطان الرئة في منطقة الإحصاء المكاني المحض. تبين النتائج وجود تجمعات معنوية إحصائياً (قيمة-P أصغر أو تساوي 0.05)، تضم 87 رماز بريدي قيمه غير معنوي، و31 منها قيمه منخفضة – منخفضة، و2 منخفضة – مرتفعة، و4 مرتفعة – منخفضة، و28 مرتفعة – مرتفعة.

الشكل (3). المنطقة ذات سرطان الرئة المعنوية إحصائياً (p<=0.05) باستعمال الارتباط الذاتي المكاني وإحصاء المسح للنموذجين المكاني والزماني – المكاني.



تُبيِّن نتائج إحصاء-G المحلّي أنّه يوجد تجمع لسرطان الرئة في المنطقة الموافقة للإحصاء المكاني الصرف. تُبيِّن النتائج وجود تجمعات معنوية إحصائياً (قيمة-P <=0.05)، تضم 63 رماز بريدي قيمه غير معنوية، و31 منها قيمه منخفضة – منخفضة، و0 منخفضة – مرتفعة، و16 مرتفعة – منخفضة، و42 مرتفعة – مرتفعة. يبيّن الشكل (3) الرسوم البيانية للتجمعات الإحصائية المكانية الصرفة لكل من إحصاء المسح، LISA وإحصاء-G المحلي. وهذا يبين أيضاً رسوم المعنوية الإحصائية الزمانية – المكانية في حالة إحصاء المسح.

الجدول (2) توزيع قيمة-P، وحالات العينة، والرمازات البريدية، ومتوسط العمر وجنس التجمعات لكل طريقة

قيمة -P		**إحصاء المسح الزماني– مكاني**	**إحصاء المسح المكاني**	**إحصاء-G**	**LISA**
0.05 – 1					
	النسبة المئوية للمساحة	74.30%	43.00%	63.20%	63.00%
	الحالات	2261	364	362	1122
	عدد الرمازات البريدية	108	54	63	88
	متوسط العمر	67.7	66.4	65.7	67.1
	ذكور	1276	218	207	637

	إناث	985	146	155	485
0.01 – 0.05					
	النسبة المئوية للمساحة	-	-	14.90%	25.20%
	الحالات	-	-	252	640
	عدد الرمازات البريدية	-	-	22	37
	متوسط العمر	-	-	69.6	67
	ذكور	-	-	138	346
	إناث	-	-	114	294
0.001 – 0.01					
	النسبة المئوية للمساحة	-	-	8.40%	8.70%
	الحالات	-	-	195	483
	عدد الرمازات البريدية	-	-	17	21
	متوسط العمر	-	-	66.7	69.2
	ذكور	-	-	100	281
	إناث	-		95	202

0 – 0.001					
	النسبة المئوية للمساحة	25.70%	57.00%	13.50%	3.10%
	الحالات	103	2000	1555	119
	عدد الرمازات البريدية	44	98	50	6
	متوسط العمر	65.6	67.8	67.9	69.2
	ذكور	55	1113	886	67
	إناث	48	887	669	52

المناقشة

اكتشفت هذه الدراسة عدّة ارتباطات مرتفعة ومنخفضة باستعمال طرائق مكانية وزمانية – مكانية. عند مقارنة طرائق مختلفة لإحصاء المسح، وLISA، وإحصاء-G المحلي، نرى أنّ مناطق الارتباط المكاني متشابهة جغرافياً إلى حدٍّ ما. وأعاد إحصاء-G المحلي العدد الأكبر من السجلات (2002) عند مستوى المعنوية 0.05. وأعادت طريقة إحصاء المسح عدداً مرتفعاً مُشابهاً من السجلات المرتبطة (2000) مثل إحصاء-G المحلي. أمّا طريقة LISA فقد أعادت عدداً أصغر نسبياً من السجلات المعنوية (1242)؛ ولكن عند مُقارنة LISA جغرافياً مع إحصاء المسح وإحصاء-G المحلي، يبدو أنّ LISA يستثني الرمازات البريدية الحدودية التي تضمنتها الطرائق الأخرى. وبالمقابل، أعطت طريقة LISA أكبر عدد من السجلات (1122) التي لم تكن معنوية، وتلتها طريقة إحصاء المسح بعدد (364) من السجلات ثُمّ إحصاء-G بـ (362) سجلاً. احتوى إحصاء المسح أكبر عدد من السجلات (1896) من تجمع القيم المرتفعة–مرتفعة، وتبعه إحصاء-G المحلي بـ (1377)

سجلاً، ثُمّ LISA بـ (1069) سجلاً. واحتوى إحصاء -G المحلي أكبر عدد من السجلات (419) من تجمع القيم المرتفعة – المنخفضة المكانية المتطرفة، وتبعه LISA بـ (31) سجلاً، ثُم إحصاء المسح. فقط LISA احتوى على (31) من السجلات المنخفضة – مرتفعة المكانية المتطرفة. واحتوى إحصاء -G المحلي على أكبر عدد من السجلات (206) المنخفضة – المنخفضة، وتلاه إحصاء المسح (104)، الذي أشار خَرجه إلى القيم المنخفضة فحسب، و LISA (100).

وعند أخذ التوجهات الزمنية في الحسبان باستعمال إحصاء المسح، اكتشفت هذه الدراسة منطقة وحيدة فيها زيادة في سرطان الرئة تمتد على فترة ثلاث سنوات من الدراسة باستعمال طريقة زمانية – مكانية. أعاد إحصاء (SatScan) الزماني – المكاني أقل عدد من السجلات (103) والموقع الجغرافي بدلالة المعنوية والتجمع، ولقد كانت مختلفة جغرافياً عن الطرائق المكانية الخالصة وذلك في كون أكثرية الحالات ذات الربط ذي القيم المرتفعة ومنطقتها لم تكن محتواة في مقاطعة كوياهوغا (Cuyahoga)، بل كانت في مقاطعتي ستارك (Stark) وسَميت (Summit). وبالإضافة، لم تُكتشف تجمعات ذات ارتباط منخفض القيمة، كما في حالة الطرائق المكانية الخالصة. يُتيح إدخال الزمن إيجاد مناطق أكثر تركيزاً ومناطق دراسة أكثر موضعية. ولما كانت المعطيات الصحية من مؤسسات الرعاية الصحية مجمّعة على مستوى الرماز البريدي، كانت أصغر وحدة على المصورات يمكن تمييزها في مصوّر GIS هي مُضلّع الرمازات البريدية لمنطقة الدراسة. بالمقارنة مع الفترة الزمنية الطويلة للدراسة (1994-2006)، كان الظهور الزمني لتجمع معنوياً فقط في فترة السنوات الثلاث 1999-2002. يقترح التركيز الضيق زمنياً والخطورة المرتفعة نسبياً ضرورة إجراء تحرٍّ إضافي لفهم العامل السببي ضمن تلك الفترة الزمنية.

إنّ تطبيق إحصاء المسح مفيدٌ تحديداً عندما يكون من المعقول وجود بقعة ساخنة منفردة. ولما كانت نسبة المعقولية مُشتقّة من بقعة منفردة ساخنة/ باردة، فإنّ إمكانية اكتشاف بقع متعددة مُستثناة أساساً في خوارزمية إحصاء المسح. وأكثر من ذلك، يكتشف

إحصاء المسح التجمعات الزمانية – المكانية باستعمال نوافذ أسطوانية؛ لذلك تحتاج النتائج أن تُفسّر بالاستناد إلى هذا الاختيار المحدد للنافذة. وفي الوقت الذي يجري فيه اكتشاف التجمع من طريق رفض الفرضية الصفرية، تميل النافذة الدائرية المكانية إلى اكتشاف تجمّع أكبر من التجمع الحقيقي من طريق امتصاص المناطق المحيطة حيث لا يوجد خطر مرتفع تانغو و تاكاهاشي (Tango and Takahashi, 2005). يمكن تفسير منطقة التجمع الكبيرة نسبياً المكتشفة في هذه الدراسة بأنها نتيجة مفعول الحدود الناجم عن النافذة الدائرية. يمكن تأكيد هذا المفعول من طريق مقارنة النتيجة مع نتيجة نافذة مسح ذات شكل مرن تسمح بأشكال غير منتظمة (Tango et al., 2005). وعلاوة على ذلك، تحتاج النتائج أن تُفسّر بالمقارنة مع نتائج خوارزميات التجميع المكانية الأخرى مثل الترشيح المكاني، والنماذج الجمعية المعمّمة (GAM) (Odenerol, Williams, Kang and Magsumbol, 2005) ومصورات بايز للأمراض (BYM) (Besag, York and Mollie, 1991). عند استعمال الارتباط الذاتي المكاني LISA، ينخفض عدد السجلات المعنوية بسبب توليد قيم-P أكبر. يولّد الارتباط الذاتي المكاني لمعدلات المُحاكاة تباينات كبيرة في قيم LISA، مما يقود إلى قيم-P غير معنوية، لأنّه من الأرجح أن تكون القيم المجاورة مرتفعة مثلها أو منخفضة مثلها(Goovaets and Jacquez, 2004). يولّد إحصاء-G المحلي أكبر عدد من السجلات المعنوية، ولكنه أيضاً أكبر عدد من السجلات المكانية المتطرفة، التي، عند أخذها في الحسبان، تولّد سجلات مشابهة لـLISA ولكن بأعداد أكبر. يستعمل إحصاء-G سلُمّ تقديرات-z حول 0 للإشارة إلى حالات التجمع، مما يقود إلى تصنيف لجميع السجلات المعنوية غير الصفرية.

بالمقارنة مع دراسة (Tyczynski, 2005)، راجعت هذه الدراسة تجمعات حالات سرطان الرئة الزمانية والمكانية لتحديد المناطق موضوع الاهتمام، في حين نظرت الدراسة السابقة في معدلات الوفيات الكلية الناتجة من الإصابة بجميع أنواع السرطان ضمن أوهايو بهدف تحديد التوجهات الزمنية. يمكن تركيب عدد من المناطق المفتاحية بين

الدراستين لتوفير موضوعات إضافية مهمة. يلاحظ (Tycznski) أنّ سرطان الرئة كان السبب الرئيسي للوفاة ضمن جميع الفئات؛ تتفق هذه الحقيقة مع تركيز هذه الدراسة أساساً على السبب الرئيسي للوفيات بسبب السرطان. ويلاحظ (Tyczynski) أيضاً معدلات وفيات أعلى بين السود مُقارنة بالبيض، ويوصي بتركيز الجهود على هذه الخاصة الديموغرافية. في هذه الدراسة وُجِدَ تجمّع مكاني يحيط بمقاطعة كوياهوغا، التي تحوي، عند مُقارنتها بمقاطعات شمال شرق أوهايو المحيطة، نسبة أعلى من السكان السود. وعند إقحام التوجهات الزمنية في الدراسة، جرى تحديد منطقة إضافية مهمّة ضمن شمال شرق أوهايو.

الانعاكاسات على الممارسين

يقع استعمال هذه الدراسة من المُمارسين ضمن فئتين عامّتين: تحديد الهوية والوقاية. يمكن لكشف سرطان الرئة، أو غيره من الأمراض المزمنة، المحدّد بواسطة تجمعات مكانية وزمانية أن يميط اللثام عن مناطق سكانية تكون موضع الاهتمام، ويمكن أن يقيس فاعلية طرائق تقليص الأمراض ضمن منطقة سكانية بعينها، وهذا يُعدّ مقياساً مهماً للصحة العامة. تُقارن هذه الدراسة ثلاث طرائق مختلفة للحصول على رؤية أعمق تعكس على نحو أفضل التغيرات المكانية والزمنية، بما يتعلق ببرامج التحديد والمراقبة الحالية. ويمكن لمعدلات متزايدة أن تُحرّض تركيزاً متزايداً للجهود الحالية أو إعادة توجيهها. ويمكن استعمال خفض المعدلات بصفته تأكيداً على صحة الجهود الحالية، وقيمة التحسين، أو بصفته مركّبة ضمن قاعدة معرفة تشاركية تضم جهوداً أخرى. يمكن لبرامج الكشف المبكر إلى جانب برامج إدارة الحالات والمرض أن تَستعْمِل أيضاً معلومات النمذجة الجغرافية لتحديد تصميم البرنامج الكلي وإنجاز عامل النجاح. يمكن أن يتنوع تصميم البرنامج تبعاً للموقع الجغرافي، ويمكن أن يُستعمل لتحديد المنهجية المُثلى للبرنامج في منطقة بعينها (2005).

وفي خطوة مهمة نحو تحسين العلاج، بُذلت الجهود لتجسيد أفضل الممارسات لمعالجة المرض. يجري تحديد الهوية بواسطة التباينات الجغرافية، ويمكنها أن تحرّض تنبيهات لمختصّين مكرّسين لاكتشاف فُرص لم تكن معروفة سابقاً. يمكن أن تتضمن النشاطات التي تلي اكتشاف المناطق المحدّدة تثقيف المريض/ المزوّد، وتحديد العلاج، والعوامل المحلية، وتحديد العلاج المُبكر، وغير ذلك. حدث هذا النوع من التقييم الجغرافي مع المرحلة الأولى من سرطان الثدي. يُمكن لأنظمة المعلومات الجغرافية والتحليل المرتبط بها أن تُعطي تعليمات للأطباء والمرضى وغيرهم من الطاقم الطبي حول توزيع الموارد، والتكاليف، والمُخرجات الصحية، ورضا المرضى. يمكن تحليل المواقع، ومُقدّمي الخدمة، والخدمات المؤدّاة تبعاً للمنطقة الجغرافية لتحديد طرائق فاعلة. ما إن تُحدَّد هذه الطرائق حتّى تُقيَّس لتحسين توافقها واتساقها بين مناطق متعدّدة، بهدف تحسين الفاعلية. ويمكن تحقيق دقّة أكبر للسماح بتحديد مناطق أصغر، يمكن فيها تطبيق استراتيجيات نوعية للتحكّم بالأمراض بهدف تكميل البرامج الواسعة (Gregorio, Kulldorff, Barry, Samocuik and Zarfos, 2001).

سعَت دراسات أخرى إلى تحديد التباينات بين المجتمعات المحلية والشاملة. واقترحت الاكتشافات أنّ الاختلافات في معدلات البقاء ليست ناتجة عن عوامل بيولوجية، بل هي ناتجة عن عوامل المعالجة والوقاية. وتشتمل هذه مرحلة تقدم المرض عند التشخيص، وتأثير الأمراض المركّبة، وعوامل المُعالجة العامّة. وهناك حاجة إلى التوجهات الزمنية بالإضافة إلى التوجهات المكانية لتحديد المناطق حيث يكون التدخل أكثر فائدة. تفحصت الدراسات السابقة المواقع الجغرافية لتحديد مواقع النقص في أعداد الأطباء أو الطاقم الطبي. تقترح الاكتشافات، أنّه في الوقت الذي نجد فيه الموارد كافية فإنّ توزيعها ليس أمثلياً. يولّد هذا قيوداً في النفاذ في مناطق ريفية أو حضرية لم تكن تُلاحَظ سابقاً. تقترح الأدبيات أنّ تركيبة اختصاصات الأطباء بالإضافة إلى توزيع الممارسين من غير الأطباء هو أمر حيوي للمخرجات الصحية. تتطلب إجراءات النفاذ

الدقة لالتقاط التدفقات ضمن مناطق الخدمة. تمتلك خطط الرعاية المُدارَة القدرة على تحسين الوصول إلى الرعاية الوقائية واستعمالها. توفر هذه الخطط المُدارَة عموماً المزيد من الخدمات الوقائية التي ينتج منها مُخرجات مُحسّنة على تلك الخطط المبنية على الأجور أو الخدمات (Mobley, Root, Anselin, Lozano-Gracia and Koschinsky, 2006). سواء أَثْبَتَتْ طريقة وحيدة أم تركيبة من العوامل فاعليتها عندما تُكيَّف إلى مجموعة المريض، فإنه لا بُدّ من توفير الأدوات لتحديد المرضى ومخرجات البرنامج بنجاح عبر المراقبة، وتشغيل برامج إضافية لتفادي أمراض مستقبلية وتعقيدات. يساهم هذا في تحقيق الهدف الشامل المتمثل في تحسين نوعية الرعاية، مع إبقاء التكاليف الكلية منخفضة، ومن ثَمّ توفير رعاية صحية عالية الجودة بأسعار مقبولة.

الخاتمة والتوجهات المستقبلية

استطاع إحصاء المسح المكاني، وLISA، وإحصاء-G المحلي كشف عدّة مناطق لتجمعات مرتفعة القيمة وأخرى منخفضة. وحدّد إحصاء المسح الزماني – المكاني تحديد منطقة واحدة فيها فائض من حالات سرطان الرئة امتدت على فترة ثلاث سنوات من فترة الدراسة، وأعطت نتيجة مختلفة عن تلك التي أعطاها إحصاء المسح المكاني المحض، وبقي التجمع لا متغيراً ومعنوياً إحصائياً بعد إجراء الضبط التغايري. توفر الاكتشافات أيضاً دليلاً على أنّه بالإمكان استعمال معطيات التشخيص المُجمّعة بنتيجة الخدمات الصحية المُقدّمة في اكتشاف الأنماط الكامنة للمرض وأنماط الاستعمال على مدى كل من المكان والزمان. إنّ الطرائق المعروضة مفيدة أيضاً في تحديد أي المناطق لديها النسبة الأعلى لظهور مرض بعينه وذلك بالنظر إلى التوضّع الجغرافي للمختصين والمرافق. يمكن للوقت أن يكون أيضاً عاملاً لتحديد مناطق أكثر نوعية تكون موضع الاهتمام، ضمن منطقة واسعة جغرافياً. ويحتاج مفعول الحدود المحتمل للنافذة الدائرية والتفاعل الزماني المكاني الناتجين من الانزياحات الجغرافية للسكان في منطقة الدراسة إلى تحرٍّ إضافي. وعلى طريقة (Knox, 1964) الشائعة الاستعمال وغيرها من اختبارات

التفاعل الزماني المكاني أن تؤكّد ما إذا كان التجمع الزماني – المكاني لسرطان الرئة في منطقة الدراسة هو نتيجة من التوزع الجغرافي للسكان فيها (Kulldorff, 1999). يمكن أيضاً لاختبارات التفاعل الزماني المكاني غير المنحازة، وتحليل التباديل الزمانية – المكانية المتوقعة، أن تُجرى مع توافر معطيات إضافية (Kulldorff, 2005; Hjalmars and Kulldorff, 1999).

ولما كانت برامج الرعاية المُدارَة تبدأ في مناطق موضع الاهتمام، يمكن استعمال دراسات إضافية محلية لملاحقة التحسينات في معدلات الوفيات الكلي بنتيجة هذه المبادرات. ومن طريق توفير تفاصيل إضافية على مستوى الرماز البريدي في هذه الدراسة، يمكن تطوير برامج مركّزة جغرافياً في مواقع مرافق استراتيجية ويمكن تعديلها على أساس المراقبة المكانية والزمانية للسكان. ولمّا كانت جهات الرعاية الصحية تسعى إلى تحسين مُخرجات الرعاية الصحية، توفّر هذه الطرائق أداة مفيدة لتحديد المناطق الجغرافية موضع الاهتمام.

مع أنّ الغرض من البحث هو ليس تحديد علاقة سبب – نتيجة محددة بين سرطان الرئة والشروط البيئية مثل تلوث الهواء، أوعادة التدخين، ونحتاج إلى أبحاث إضافية لإثبات وجود علاقة سببية زماني – مكانية وفترة كمون للسرطان. واعتماداً على إطار هذه الدراسة وغرضها، لم يكن من الضروري جمع معطيات إضافية تفصيلية عن الحالات. للدراسات المستقبلية، يجب توليد مواصفات إضافية ليست متوفرة ضمن مجموعة المعطيات الحالية وذلك انطلاقاً من دراسة موضعية يجب أن تتضمن أشياء مثل العِرق، والحالة الاجتماعية والاقتصادية للحالات الفردية، والتعرّض لدخان التبغ، وهجرة السكان. يمكن أن يُضبط النموذج ليتوافق مع هذه المواصفات بهدف تحديد آثارها. يمكن للدراسات الموضعية أن تُحدّد مدى استعمال الخدمات التي يظهر فيها تشخيص سرطان الرئة. يمكن لهذا التحديد أن يكون مفيداً في إدارة الرعاية لأولئك الذين جرى تشخيص حالاتهم، وفي تحديد تكرار تقديم الخدمات لهؤلاء.

المراجع

Alexander, F. F. (1992). Methods for the assessment of disease clusters. In *Geographical and environmental epidemiology: Methods for small-area studies* (pp. 238-247).

Amin, R. (2010). Epidemiologic mapping of Florida childhood cancer clusters. *Pediatric Blood and Cancer*, 54, 511–518.

Anselin, L. (2005). *Exploring spatial data with GeoDa: A workbook*. Center for Spatially Integrated Social Science.

Anselin, L., Syabri, I., and Kho, Y. (2004). *GeoDA: An introduction to spatial data analysis*.

Assuncao, R., and Reis, E. A. (n.d.). A new proposal to adjust Moran's I for population density. *Statistics in Medicine*, 18, 2147-2161.

Bailey, T. C., and Gatrell, A. C. (1995). *Interactive spatial data analysis*. New York, NY: John Wiley and Sons.

Besag, J. E., York, J. C., and Mollie, A. (1991). Bayesian image restoration with two applications in spatial statistics. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 43, 1–59. doi:10.1007/BF00116466

Brownstein, J., Green, T., Cassidy, T., and Butler, S. (2010). Geographic Information Systems and pharmacoepidemiology: Using spatial cluster detection to monitor local patterns of prescription opioid abuse. *Pharmacoepidemiology and Drug Safety*, 19, 627–637. doi:10.1002/pds.1939

CDC. (2010). U.S. obesity trends.

CDC, HRSA. (2010). *Healthy people 2010*.

Chang, K. (2006). *Introduction to Geogrpahic Information Systems*. New York, NY: McGraw-Hill.

Clayton, D., and Kaldor, J. (1987). Empirical Bayes estimates of age standardized relative risks for use in disease mapping. *Biometrics*, 43, 671–681. doi:10.2307/2532003

Cromley, E. K. (2003). GIS and disease. *Annual Review of Public Health*, 24, 7–24. doi:10.1146/annurev.publhealth.24.012902.141019

ESRI. (2010). *ArcGIS*.

Gatrell, A. (2002). *Geographies of health*. Malden, MA: Blackwell.

Getis, A., and Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 24, 189–207. doi:10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x

Goovaerts, P., and Jacquez, G. M. (2004). Accounting for regional background and population size in the detection of spatial clusters and outliers using geostatistical filtering and spatial neutral models: The case of lung cancer in Long Island, New York. *International Journal of Health Geographics*, 3(1), 14. doi:10.1186/1476-072X-3-14

Gregorio, D. I., Kulldorff, M., Barry, L., Samocuik, H., and Zarfos, K. (2001). Geographical differences in primary therapy for early-stage breast cancer. *Annals of Surgical Oncology*, 8, 844–849. doi:10.1007/s10434-001-0844-4

Hastite, T. J., and Tibshirani, R. J. (1991). *Generalized additive models*. New York, NY: Chapman and Hall.

Hjalmars, U., Kulldorff, M., Gustafsson, G., and Nagarwalla, N. (1996). Childhood leukaemia in Sweden: Using GIS and a spatial scan statistic for cluster detection. *Statistics in Medicine*, 15, 707–715. doi:10.1002/(SICI)1097-0258(19960415)15:7/9<707::AIDSIM242>3.0.CO;2-4

Huang, L., Tiwari, R., Pickle, L., and Zou, Z. (2009). Covariate adjusted weighted normal spatial scan statistics with applications to study geographic clustering of obesity and lung cancer mortality in the United States. *Statistics in Medicine*, 29,2410–2422.

Jacquez, G. M., and Greiling, D. A. (2003). Local clustering in breast, lung and colorectal cancer in Long Island, New York. *International Journal of Health Geographics*, 2.

Knox, G. (1964). The detection of space-time interactions. *Applied Statistics*, 13, 25–29. doi:10.2307/2985220

Kulldorff, M. (1997). A special scan statistic. *Communications in Statistics Theory and Methods*, 26,1481–1496. doi:10.1080/03610929708831995

Kulldorff, M. (1999, June). The Knox method and other tests for space-time interaction. *Biometrics*, 55,544–552. doi:10.1111/j.0006-341X.1999.00544.x

Kulldorff, M. (2001). Prospective time periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A, (Statistics in Society)*, 164(1), 61–72.doi:10.1111/1467-985X.00186

Kulldorff, M. (2005). *SaTScanTM v6.0: Software for the spatial and space-time scan statistics*. Information Management Services, Inc.

Kulldorff, M., Tango, T., and Park, P. J. (2003). Power comparisons for disease clustering tests. *Computational Statistics and Data Analysis*, 42.

Lawson, A., Biggeri, A., Böhning, D., Lesaffre, E., Viel, J. F., and Bertollini, R. (1999). Disease mapping and risk assessment for public health. In Lawson, A., Biggeri, A., Böhning, D., Lesaffre, E., Viel, J. F., and Bertollini, R. (Eds.), *Disease mapping and risk assessment for public health*. London, UK: John Wiley and Sons.

Lawson, A., and Denison, D. (2002). *Spatial cluster modelling*. Boca Raton, FL: CRC. doi:10.1201/9781420035414

Li, L., Xu, L., Jeng, H., Naik, D., Allen, T., and Frontini, M. (2008). Creation of environmental health Information System for public health service: A pilot study. *Information Systems Frontiers*, 10,531–542. doi:10.1007/s10796-008-9108-1

Marshall, R. J. (1991). A review of the statistical analysis of spatial patterns of disease. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A, (Statistics in Society)*, 154, 421–441. doi:10.2307/2983152

Mobley, L. R., Root, E., Anselin, L., Lozano-Gracia, N., and Koschinsky, J. (2006). Spatial analysis of elderly access to primary care services. *International Journal of Health Geographics*, 5.

Ozdenerol, E., Williams, B., Kang, S. Y., and Magsumbol, M. (2005). Comparison of spatial scan statistic and spatial filtering in estimating low birth weight clusters. *International Journal of Health Geographics*, 4(19).

Ozonoff, A., Bonetti, M., Forsberg, L., and Pagano, M. (2005). Power comparisons for an improved disease clustering test. *Computational Statistics and Data Analysis*, 48, 679–684. doi:10.1016/j.csda.2004.03.012

Perez, A. M., Ward, M. P., Torres, P., and Ritacco, V. (2002). Use of spatial statistics and monitoring data to identify clustering of bovine tuberculosis in Argentina. *Preventive Veterinary Medicine*, 56, 63–74. doi:10.1016/S0167-5877(02)00124-1

Pfeiffer, D. U., Robinson, T. P., Stevenson, M., Stevens, K. B., Rogers, D. J., and Clements, A. C.A. (2008). *Spatial analysis in epidemiology*. New York, NY: Oxford University Press Inc.doi:10.1093/acprof:oso/9780198509882.001.0001

Sankoh, O. A., Ye, Y., Sauerborn, R., Muller, O., and Becher, H. (2001). Clustering of childhood mortality in rural Burkina Faso. *International Journal of Epidemiology*, 30, 485–492. doi:10.1093/ije/30.3.485

Song, C., and Kulldorff, M. (2003). Power evaluation of disease clustering tests. *International Journal of Health Geographics*, 2,1–8.doi:10.1186/1476-072X-2-9

Stelling, J. (2010). Automated use of WHONET and SaTScan to detect outbreaks of Shigella spp.using antimicrobial resistance phenotypes. *Epidemiology and Infection*, 138, 873–883. doi:10.1017/S0950268809990884

Tango, T., and Takahashi, K. (2005). A flexibly shaped spatial scan statistic for detecting clusters. *International Journal of Health Geographics*, 4,1–15. doi:10.1186/1476-072X-4-11

Tyczynski, J. E., and Berkel, H. J. (2005). Longterm all-sites cancer mortality time trends in Ohio, USA, 1970–2001: Differences by race, gender and age. *BMC Cancer*, 5.

U.S. Census Bureau. (1999). *U.S. Postal Service ZIP codes*.

Viel, J. F., Arveux, P., Baverel, J., and Cahn, J. Y. (2000). Soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma clusters and a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels. *American Journal of Epidemiology*, 152, 13–19. doi:10.1093/aje/152.1.13

Wakefield, J. C., Kelsall, J. E., and Morris, S. E. (2000). Clustering, cluster detection, and spatial variation in risk. In Elliot, P., Wakefield, J. C., Best, N. G., and Briggs, D. J. (Eds.), *Spatial epidemiology: Methods and applications*. Oxford, UK: Oxford University Press.

WHO. (2008). *Public health mapping*. WHO.

Wong, D. W. S., and Lee, J. (1999). *Statistical analysis of geographic information*. Hoboken, NJ: Wiley.

Yu, W. (2004). Using GIS to profile healthcare costs of VA quality-enhancement research initiative diseases. *Journal of Medical Systems*, 28, 3. doi:10.1023/B:JOMS.0000032844.26308.95

نبذة عن المساهمين

جوزيف تان (Joseph Tan)، حامل شهادة الدكتوراة، وهو رئيس في (Wayne C Fox) في مجال ابتكار الأعمال الإلكترونية وأبحاث المعلوماتية الصحية الإلكترونية في كلية إدارة الأعمال في دوغروت (DeGroote)، جامعة ماك ماستر (McMaster). لقد جرت تسميته على أنه واحد من أفضل عشرة أساتذة مؤثرين في مجال المعلوماتية حسب الموقع الإلكتروني (HealthTechTopia)، وهو رئيس تحرير المجلة الدولية لنظم معلومات الرعاية الصحية والمعلوماتية (International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics) مع خلفية مهنية تغطي طيفاً عريضاً من مجالات البحث المتعددة الاختصاصات والعابرة للاختصاصات. وهو متحر رائد في إعادة تحديد الحدود الفاصلة بين الأعمال المتعددة الاختصاص وتطوير معرفة تقانة المعلومات الصحية وتوسّعها، بما تضم من ارتباط فاعل في الأبحاث التعاونية والتقدم لمنح مشاريع متعددة الاختصاص، لقد أظهر د. تان مهارات ومقدرة على خدمة كل من المجال الأكاديمي والصناعي، ولقد حقق موقعاً معترفاً به في التعليم والتعلّم مع ترشيحات الطلاب لجوائز التعليم المتميز والشبكات المعرفية على نطاق واسع مع صانعي السياسات والقرار بالإضافة إلى الباحثين الأكاديميين والممارسين على المستوى المحلي، والإقليمي، والوطني، والدولي، بما فيها القطاعين الخاص والعام، والمؤسسات غير الحكومية والجامعات. لقد تولّى القيادة في اعتماد البرامج والمناهج، ونشرات مجلات محكّمة، وأعمال الموسوعات، ومراجعة الكتب، والتعليم عبر الإنترنت والبرمجة، وتخطيط وتنظيم الندوات والمؤتمرات، وتطوير سلاسل كتب، ومجلات العدد الخاص، واقتراحات المنح الاتحادية. تضمّ خبرته الأكاديمية خلال العشرين سنة الماضية عملاً بدوام كامل في المجال الأكاديمي؛ ومؤسسات القطاع الخاص وغير الربحي، فضلاً عن الاستشارات ونشاطات تطوير البرنامج التنفيذي لتلبية

احتياجات المديرين التنفيذيين والوفود الخارجية. إنّ تركيز مهنته الإجمالي هو على إعادة تشكيل مظهر تطبيقات IS/IT وتعزيز المعلوماتية في مجال الصحة الإلكترونية من خلال تفكير عابر للاختصاصات/ شراكة المشاريع مع ممارسين متنوعين، وسريريين، وباحثين، وتنوع من مجتمعات المستثمرين.

سمير أنتاني (Sameer Antani)، عالم حاسوب (موظف علمي) في اختصاص هندسة الاتصالات في المكتبة الوطنية للطب. يجري أبحاثاً على مواضيع استرجاع الصور المعتمد على المحتوى، وقواعد المعطيات الطبية المتعددة الوسائط، والوثائق التفاعلية للجيل المقبل، واسترجاع الوثائق الطبية المتعددة الأنماط المتقدمة. حصل على درجة الماجيستير والدكتوراه في علوم الحاسوب والهندسة من جامعة ولاية بنسلفانيا. حصل على شهادة البكالوريوس في هندسة الحاسوب من جامعة بيون، الهند (معهد بيون لتقانة الحاسوب). الدكتور أنتاني هو عضو في (SPIE)، و (IEEE) وجمعية الحاسوب (IEEE).

صاموئيل ج. أرماتو (Samuel G Armato III)، تلقى ليسانس في الفيزياء من جامعة شيكاغو عام 1987. بعد قضاء عدة سنوات خارج الوسط الأكاديمي، عاد إلى جامعة شيكاغو والتحق ببرنامج الدراسات العليا في الفيزياء الطبية ليتابع البحث في التشخيص بمساعدة الحاسوب. حصل على شهادة الدكتوراة من البرنامج عام 1997 مع أطروحة بعنوان "تقطيع الرئة المؤتمَت في الصور الشعاعية للصدر الجانبية والخلفية الأمامية الرقمية: تطبيقات في التشخيص الشعاعي والطب النووي". وهو حالياً أستاذ مشارك في علم الأشعة وهو يعمل في لجنة الفيزياء الطبية في جامعة شيكاغو، حيث يتابع عمله على التشخيص بمساعدة الحاسوب وخصوصاً في مجال التصوير الصدري. تضمّ اهتماماته البحثية الرئيسة الكشف المؤتمت عن العقيدات الرئوية في مسوحات التصوير المقطعي (CT) المحوسبة، وتقنيات الإظهار المحسنة للصور الشعاعية وتقييم استجابة

الورم القائم على التصوير لسرطان الرئة وورم الظهارة المتوسطة. الدكتور أرماتو هو (P.I.) لاتحاد قواعد معطيات صور الرئة برعاية (NCI).

باولو م. آزيفيدو- ماركيز (Paulo M. Azevedo-Marques)، تلقى بكالوريوس وماجيستير في الهندسة الكهربائية عام 1986 و1990 بالترتيب والدكتوراه في الفيزياء التطبيقية عام 1994 من جامعة ساو باولو. وهو أستاذ مشارك في الفيزياء الطبية والمعلوماتية الطبية الحيوية في قسم الطب الداخلي، جامعة ساو باولو (USP)، كلية الطب في ريبيراو بريتو، البرازيل. تضم اهتماماته الطبية معالجة الصورة للتشخيص بمساعدة الحاسوب (CAD)، واسترجاع الصورة على أساس المحتوى (CBIR)، وأنظمة أرشفة الصور والاتصالات (PACS).

ستاسي بورجوا (Stacy Bourgeois)، هي أستاذة مساعدة في إدارة العمليات في جامعة نورث كارولاينا ويلمينغتون في قسم نظم المعلومات وإدارة العمليات. نالت شهادة الدكتوراة (PhD) في إدارة العمليات من جامعة تكساس في آرلينغتون في كانون الأول (ديسمبر) 2007 وهي تحمل (MBA) في إدارة العمليات وبكالوريوس (BS) في نظم المعلومات. اهتمامات ستاسي البحثية تقوم في مجال النظم الطبية، والجودة، وإدارة سلسلة التزويد، والموارد الخارجية، وعمليات الخدمة. يمكن الوصول إليها في جامعة نورث كارولاينا ويلمينغتون، كلية كاميرون لإدارة الأعمال.

توم وايدونغ كاي (Tom Weidong Cai)، نال شهادة الدكتوراة (PhD) في علوم الحاسوب من قسم باسر (Basser) لعلوم الحاسوب، جامعة سيدني، في 2000. بعد التخرّج كان مشاركاً لأبحاث ما بعد الدكتوراة في مركز لمعالجة الإشارة متعددة الأوساط (CMSP) (Centre for Multimedia Signal Processing)، الجامعة البوليتكنيكية في هونغ كونغ، هونغ كونغ. وهو الآن محاضر متقدم في كلية تقانات المعلومات، في جامعة سيدني. وقبل دراسته للدكتوراة، عمل في الصناعة لمدة خمس سنوات. تضمّ اهتمامات أبحاث كاي ترميز المعطيات متعددة الأوساط واسترجاعها، والرؤية الحاسوبية، والتعرّف على

الأشكال، ومعالجة الصورة الطبية وتحليلها، واسترجاع الصور الطبية الحيوية متعددة الأنماط وإدارتها، والخوارزميات السريعة للتصوير الوظيفي الطبي الحيوي.

لي سيلوتشي (Leigh W. Cellucci)، تحمل شهادتي ماجيستير ودكتوراة، وهي أستاذة مشاركة في الخدمات الصحية وإدارة المعلومات في جامعة شرق كارولاينا، شمال كارولاينا. تضمّ اهتماماتها البحثية إدارة الرعاية الصحية، وتسويق الرعاية الصحية، ودور الثقافة في إدارة معلومات الرعاية الصحية. لديها أكثر من خمسين نشرة متعلقة بالصحة في مجلات محكمة، وفصول كتاب، ودراسات حالة، وحوليات مؤتمرات. وقد ساهمت كمؤلف مشارك في كتاب تعليمي عن إدارة الرعاية الصحية مع د. ويغنز، وقد حصلت على الدكتوراة في علم الاجتماع من جامعة ڤيرجينيا.

شينغ – تشي شونغ (Shing-Chi Cheung)، تلقّى درجة بكالوريوس (BSc) في الهندسة الكهربائية من جامعة هونغ كونغ عام 1984. حصل على درجتي ماجيستير (MSc) ودكتوراة (PhD) في الحوسبة من أمبريال كوليدج (Imperial College) في لندن عامي 1988 و1994، على الترتيب. هو أستاذ مشارك في علوم الحاسوب ومدير مشارك لمركز الفضاء المعلوماتي (CyberSpace Center) في جامعة هونغ كونغ للعلوم والتقانة. شونغ محرر مشارك لمجلة *IEEE Transaction on Software Engineering*، ومجلة *The International Journal of Computer Science and Technology (JCST)* ومجلة *Journal of Patterns (IJOP)*. يشارك بفعالية في لجان التنظيم والبرنامج للكثير من المؤتمرات العالمية الرئيسية حول هندسة البرمجيات، والنظم الموزعة، وتقانات الويب، مثل (ICSE)، (FSE)، (ISSTA)، (ASE)، (ER)، (COMPSAC)، (APSEC)، (QSIC)، (EDOC)، (SCC)، (CEC). تضمّ اهتماماته البحثية هندسة البرمجيات، وحوسبة الخدمات، والحوسبة في كل مكان، وهندسة البرمجيات المضمنة، جرت الإشارة إلى أعماله في أكثر من 100 مقالة محكمة في مجلات عالمية ومؤتمرات، تضم (TOSEM)، (TSE)، (ASE)، (DSS)، (TR)، (IJCIS)، (ICSE)، (FSE)، (ESEC)،

(ER). وهو زميل معتمد لجمعية الحاسوب البريطانية وعضو قديم بارز لـ (IEEE). وقد ساهم بتمويل ورشة العمل العالمية الأولى حول حوسبة الخدمات عام 2005 وكان رئيساً تعليمياً لـ ICSE عام 2006. لقد ساهم بنشر أعداد خاصة في مجلة *Computer Journal* ومجلة *International Journal of Web Services Research (JWSR)*.

ديكسون ك. و. تشيو (Dickson K. W. Chiu)، تلقّى درجة البكالوريوس BSc (شرف) في دراسات الحاسوب من جامعة هونغ كونغ عام 1987. تلقى درجة الماجيستير MSc عام 1994 ودكتوراة عام 2000 في علم الحاسوب من جامعة هونغ كونغ للعلوم والتقانة، حيث عمل كمحاضر مساعد زائر بعد التخرج. لقد أقلع أيضاً بشركته الحاسوبية الخاصة به بينما كان يدرس بدوام جزئي. من عام 2001 إلى عام 2003، كان أستاذاً مساعداً في قسم علم الحاسوب، في الجامعة الصينية في هونغ كونغ. كان أستاذاً مساعداً زائراً عام 2006 في قسم الحوسبة، جامعة البوليتكنيك في هونغ كونغ. اهتماماته البحثية هي تقانات المعلومات، واللوجيستيات وإدارة الخدمة، إضافة إلى إدارة الأعمال الإلكترونية والنقالة مع مقاربة عابرة للاختصاصات تشارك فيها تقانات الإنترنت، والوكلاء، وتدفق العمل، وهندسة البرمجيات، وإدارة نظم المعلومات، والأمن، وقواعد المعطيات. نُشرت نتائج أبحاثه في أكثر من 100 ورقة في المجلات العالمية وحوليات المؤتمرات، بما في ذلك النتائج العملية للعديد من رسائل الماجيستيرات ومشاريع التخرج في السنة الأخيرة. وقد تلقى جائزة الورقة الأفضل في مؤتمر السابع والثلاثين في هاواي عن علوم النظم (HICSS) عام 2004. يعمل كمحرر مشارك في *Engineering Letters* وعضو لجنة التحرير لمجلة *International Journal of web Service* ومجلة *International Journal of Software Architecture*. شارك في تأسيس العديد من ورشات العمل العالمية كما شارك في تحرير العديد من الأعداد الخاصة في المجلات. كما شغل منصب رئيس مشارك لمسارات مصغرة هو مسار تقانات القرار ضمن HICSS، وهو موضوع (جهاز المخابرات وعلوم الخدمات) وكان الرئيس المشارك في المؤتمر الدولي للتعليم الآلي وعلم التحكم بالنظم، وكان عضواً في لجنة البرنامج في الكثير من المؤتمرات الدولية. شيو هو

عضو بارز في ACM وكذلك (IEEE)، كما أنه عضو في جمعية الحاسوب في هونغ كونغ.

جان غوينز كلارك (Jan Guynes Clark)، أستاذة في نظم المعلومات في جامعة تكساس في سان أنطونيو. حصلت على درجة الدكتوراة من جامعة شمال تكساس. اهتماماتها البحثية تشمل أمن المعلومات وأثر تقانات المعلومات على الإنتاجية والأداء. ظهرت منشورتها في مجلات رائدة مثل *AIS of Communications* و*ACM of Communications* و*IEEE Transactions on Engineering Management*، ومجلة *Information and Management*.

روبسون كورديرو (Robson Cordeiro)، حصل على درجة البكالوريوس في علوم الحاسوب من جامعة أويستي باوليستا، البرازيل في عام 2002، ودرجة الماجيستير في علوم الحاسوب من الجامعة الاتحادية في ريو غراندي دو سول، في البرازيل عام 2005. وهو حالياً طالب دكتوراة في علوم الحاسوب في جامعة ساو باولو، البرازيل. تشمل اهتماماته البحثية التنقيب في المعطيات المتوسطة إلى العالية الأبعاد، والرسوم البيانية الكبيرة. وهو عضو في (SBC).

جيمس ف. كورتني (James F. Courtney)، باحث مرموق ذو كرسي في (McCallister/Humana) في نظم المعلومات في جامعة لويزيانا التقنية. خدم كورتني كأستاذ في إدارة الأعمال في جامعة AandM تكساس وكان عضواً في كليات جامعة فوريدا سنترال، وجامعة تكساس التقنية، وجامعة جورجيا التقنية. حصل على درجة الدكتوراة في إدارة الأعمال مع تخصص في علوم الإدارة من جامعة تكساس في أوستن عام 1974. وقد نشر مقالات في العديد من المجلات الرائدة، بما في ذلك *Decision Sciences*، و*Management Science*، *MIS Quartery*، و*Decision Support Systems*، و*ACM* the *Communications of*، و*IEEE Transactions on Systems*، و *Man and Cybernetics*، و*Journal of Management Information Systems*. وهو مؤلف مشارك

في نظم قواعد المعطيات للإدارة (Database Systems for Management) **(**مع دايفد بارادايس David Paradice**)** ونماذج دعم القرار والنظم الخبيرة (Decision Support Models and Expert Systems) **(**مع دايفد أولسون David Olson**)**. اهتماماته البحثية الحالية هي نظم دعم القرار القائمة على المعرفة، ونظم معلومات الرعاية الصحية، ومؤسسات **(**التعلم**)** الاستفسار.

توماس م. ديسيرنو (Thomas M. Deserno) (né Lehman) **(**كنية المولد ليمان**)**، حامل شهادة دكتوراة، وهو أستاذ المعلوماتية الطبية في كلية الطب في جامعة آخن، آخن، ألمانيا، حيث يرأس شعبة معالجة الصور الطبية. بالإضافة إلى إلقاء المحاضرات في مقررات الدراسات العليا حول معالجة الصور والتصوير الطبي الحيوي، فقد شارك في تأليف كتاب تعليمي بعنوان معالجة الصور للعلوم الطبية *Image Preocessing for the Medical Sciences* (Springer-Verlag, 1997)، كما حرر دليل المعلوماتية الطبية *Handbook of Medical Informatics* (Hanser Verlag, 2005)، ومؤخراً حرر كتاب معالجة الصور الطبية الحيوية *Biomedical Image Processing* (Springer-Verlag 2011). وتضمّ اهتماماته البحثية تحقيق صور منقطعة ابتداءً من تحويل صور مستمرة، ومعالجة الصورة الطبية مطبقة على القياسات الكمية للتشخيص بمساعدة الحاسوب، واسترجاع الصورة اعتماداً على المحتوى وذلك ابتداء من قواعد معطيات طبية. وقد ألّف د. ديسيرنو أكثر من 100 منشور علمي، وهو عضو متميز في (IEEE)، وكذلك هو عضو في SPIE وIADMFR، ويعمل في هيئات التحرير الدولية لمجلات *Dento maxillofacial Radiology*، و*Methods of Information in Medicine*، و *World Journal of Radiology*، وهو يشارك في تحرير مجلة *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*.

ميكائيل س. دوهان (Michael S. Dohan)، طالب دكتوراة في كلية إدارة الأعمال دوغروت من جامعة ماك ماستر. انضم إلى البرنامج في أيلول سبتمبر 2010. وهو

متخصص في نظم المعلومات، مع اهتمام في البحث حالياً في مجال تقييم الصحة الإلكترونية، والإدارة الذاتية لفرط السمنة، وأدوات التحقق من الممارسات السريرية. لمايك تجربة بحثية سابقة في العلاقة بين الفقر واستعمال التقانة. حصل على درجة الماجيستير في علم الإدارة ودرجة بكالوريوس في التجارة (نظم المعلومات) من جامعة ليكهيد، ودبلوم في إدارة الأعمال (محلل مبرمج حاسوبي) من كلية الكونفدريشين (الاتحاد).

كِن فاريون (Ken Farion)، هو مدير سريري في المشروع البحثي (MET) مع مسؤولية الإشراف على كل الجوانب السريرية في البحث، بما في ذلك جمع المعطيات والتقييم السريري لوحدات القرار ونظام الدعم. وتشمل اهتماماته البحثية التطوير والمصادقة والتنفيذ لنظم دعم القرار السريري، وخصوصاً للاستخدام في قسم الطوارئ. يهتم فاريون أيضاً بتحديد العوائق أمام تبني النظم السريرية، والطرق التي من خلالها يمكن دعم الطاقم الطبي في مرحلة الانتقال من السجلات المعتمدة على الورق إلى السجلات الإلكترونية ضمن سير العمل.

دايفد داغان فنغ (David Dagan Feng)، حصل على الدكتوراة من (UCLA) عام 1988. وهو حالياً أستاذ في مدرسة تقانات المعلومات ومعاون عميد كلية العلوم في جامعة سيدني؛ وهو أيضاً أستاذ رئيس في تقانة المعلومات في جامعة البوليتكنيك في هونغ كونغ. اهتماماته البحثية هي في مجال تقانة المعلومات الطبية الحيوية والمتعددة الوسائط، وهو زميل في (ACS)، و(HKIE)، و(IET)، و(IEEE)، والأكاديمية الأسترالية للعلوم والهندسة.

ياكوب د. فورست (Jacob D. Furst)، أستاذ مشارك في كلية الحوسبة والأوساط الرقمية (CDM) (Computing and Digital Media) في جامعة دي بول. اهتماماته البحثية هي المعلوماتية الطبية، مع تطبيقات في التعلّم الآلي والتنقيب في المعطيات في معالجة الصور الطبية والرؤية الحاسوبية. يركِّز عمله الحالي على القدرة على توليد معلومات ذات معنى دلالي حول عقيدات الرئة في صور الأورام المحوسبة للجذع البشري. لدى د.

فورست اهتمام كبير بأمن الحاسوب وهو مدير لمركز تأمين المعلومات في دي بول. لقد ساعد في تصميم اختصاصين وثلاث مقررات في منهاج الأمن في (CDM). لقد درّس التجارة الإلكترونية المأمونة، والجوانب الاجتماعية لأمن المعلومات، وأمن نظم المعلومات، والأمن المعتمد على المضيف، ومقدمة في الشبكات والأمن. حصل د. فورست على الدكتوراة في علوم الحاسوب من (UNC Chapel Hill)، ويحمل درجة ماستر في التعليم ودرجة بكالوريوس في الأدب الإنكليزي.

واي غاو (Wei Gao)، هو أستاذ مساعد في قسم المعلومات ونظم الاتصالات في جامعة فوردهام. حصل على الدكتوراة في إدارة نظم المعلومات من جامعة أريزونا. تشمل اهتماماته البحثية التنقيب في المعطيات، والبرمجيات المفتوحة المصادر، ونظم معلومات الرعاية الصحية، ومستودع المعطيات، وتخبئة الويب. ظهرت أعماله في مجلة *Informs Journal on Computing* ومجلة *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*.

هاييت غرينسبان (Hayit Greenspan)، حصلت على درجتي البكالوريوس والماجيستير من قسم الهندسة الكهربائية في تكنيون، عامي 1986 و1989 بالترتيب، وحصلت على درجة الدكتوراة من قسم الهندسة الكهربائية في كالتك – معهد كاليفورنيا التقني عام 1994. عقب الدكتوراة حصلت على منحة ما بعد الدكتوراة في شعبة علوم الحاسوب في (U.C.) بيركلي. انضمت عام 1997 إلى قسم الهندسة الطبية الحيوية في كلية الهندسة، حيث هي الآن عضو في الكلية. تضم اهتماماتها البحثية معالجة الصور الطبية وتحليلها، والبحث واسترجاع الفيديو والصور المعتمد على المحتوى، ونمذجة الصورة الإحصائي، والتقطيع.

ميكائيل هاين (Michael Hine)، أستاذ مشارك في نظم المعلومات في كلية سبروت لإدارة الأعمال في جامعة كارليتون في أوتاوا، كندا. اهتماماته البحثية هي الاتصالات بواسطة الحاسوب، و(DSS) للسياسات الاجتماعية، والصحة الإلكترونية. نشر هاين في مجلات مثل *Communications of the ACM*، و *Journal of Management*

Information Systems و *Electronic Markets* ومجلات أخرى. يدرّس قواعد المعطيات وتنوعاً من تصميم البرمجيات وصفوف التطوير.

وليام هـ. هورسمكه (William H. Horsthemke)، طالب دكتوراة في علوم الحاسوب في جامعة دي بول، ويعمل في تحليل الصور الحيوية والطبية ومسائل دعم القرار، ابتداءً من كشف الصفيفة الميكروي والقياسات لتحديد العضو إلى توصيف العقيدات الرئوية. تشمل اهتماماته البحثية تحليل الإشارة والصورة، والتعلم الآلي، والإظهار، والإحياء، ونمذجة المحاكاة. حصل على ماجيستير في علوم الحاسوب من جامعة دي بول وبكالوريوس في الاقتصاد من جامعة شيكاغو.

باتريك س. ك. هونغ (Patrick C. K. Hung)، أستاذ مساعد في كلية إدارة الأعمال وتقانة المعلومات في UOIT وأستاذ مشارك مساعد في قسم الهندسة الحاسوبية والكهربائية في جامعة واترلو، كندا. هو أيضاً زميل كليّة لمركز الدراسات المتقدمة في مخبر تورونتو IBM، كندا. يتعاون حالياً هونغ في أعمال فانتوم بوينغ (سياتل، الولايات المتحدة) ومع (Bell) كندا في مشاريع بحثية مرتبطة بالخصوصية والأمن، وقد تقدّم ببراءتي اختراع في الولايات المتحدة حول سير عمل ديناميك شبكة النقّال باستثناء نظام المعالجة. فضلاً عن أنّ هونغ يتعاون أيضاً في مشاريع بحثية عن تركيب خدمات الويب مع جامعة ساوث إيست في الصين. وقد كان عالماً باحثاً مع منظمة البحوث الصناعية والعلمية للكومنولث (كانبرا، أستراليا) وأستاذ مساعد زائر في قسم علوم الحاسوب في جامعة هونغ كونغ للعلوم والتقانة. لقد عمل هونغ كمتحدّث عن أبحاث ابتكار الأعمال الصغيرة وبرامج نقل التقانة في مؤسسة العلوم الوطنية (NSF) في الولايات المتحدة منذ عام 2000. وهو عضو اللجنة التنفيذية في جمعية الحاسوب (IEEE): لجنة التوجيه التقنية للحوسبة الخدماتية، وعضو موجّه لـ (EDOC) "حوسبة الشركات"، ومحرر مشارك/ عضو هيئة تحرير/ محرر ضيف في العديد من المجلات العالمية. وهو رئيس مشارك لبرنامج IEEE EDOC التاسع

2005، والرئيس العام لـ (IEEE EDOC) العاشر 2006 ونائب الرئيس للجنة البرنامج لـ (IEEE SCC 2006) IEEE SCC 2007 .

فيرجينيا إيلي (Virginia Ilie)، أستاذة مساعدة في نظم المعلومات في جامعة كنساس. حاصلة على شهادة الدكتوراة في نظم المعلومات و (MBA) في التمويل من جامعة سنترال فلوريدا. اهتماماتها البحثية الحالية هي في مجال تنجيز تقانة المعلومات في مؤسسات الرعاية الصحية، بما في ذلك القبول الفردي لنظم المعلومات السريرية. لقد ظهرت أعمال د. إيلي في مجلات مثل *Decisions Sciences*، و *European Journal of Information Systems* و *Database*. وقد نشرت في عدة حوليات لمؤتمرات في لقاءات وطنية وعالمية، واثنان منها ربحا جائزتي أفضل ورقات بحث.

بالاجي جانامانشي (Balaji Janamanchi)، أستاذ مساعد في الإدارة، شعبة دراسات التقانة والأعمال الدولية (Division of International Business and Technology Studies) (DIBTS)، كلية إدارة الأعمال A.R. Sanchez Jr. في الجامعة الدولية AandM تكساس، في لاريدو، تكساس. تشمل اهتماماته البحثية عدم تموضع أعمال العاملين في المعرفة من USA، وإدارة سلسلة التزويد، وإدارة المشاريع، ونظم المعلومات، والبرمجيات المفتوحة المصادر، ومواضيع متعلقة بالتجارة الإلكترونية. ظهرت أعماله في *Decision Support Systems* و *International Journal of Information Systems and Change Management*. وقد عرض أوراقاً في مؤتمرات محلية ووطنية وعالمية مثل (System Dynamics Society)، و(DSI)، والمؤتمرات السنوية لـ (SWDSI). د. جانامانشي عضو زميل في معهد المحاسبين المعتمدين في الهند، وقد مارس بصفته مدققاً/ مستشار أعمال في الهند في مجالات عديدة من الأعمال. حصل د. جانامانشي على درجتي الدكتوراة والماجيستير باختصاصات إدارة العمليات والإنتاج (POM) وإدارة نظم المعلومات (MIS) بالترتيب من كلية راولز لإدارة الأعمال في الجامعة التقنية لتكساس.

إيليانا كافيزا (Eleanna Kafeza)، محاضرة في جامعة أثينا للاقتصاد والأعمال. حصلت على الدكتوراة من جامعة هونغ كونغ للعلوم والتقانة حيث شغلت موقع محاضر مساعد زائر. اهتماماتها البحثية هي تدفق عمل نظم الإدارة، وقضايا قانونية في عقود الويب، وخدمات الويب، وحوسبة الشّبَك. ساهمت في تأسيس ورشة العمل الدولية عن الجوانب الاجتماعية والقانونية في بيئات الحوسبة البازغة، وقد عملت في لجان البرنامج للعديد من المؤتمرات الدولية.

ماركو كاليو (Markku Kallio)، حامل دكتوراة، دكتور في الطب في ديوديسيم.

جاياشري كالباثي – كرامر (Jayashree Kalpathy-Cramer)، زميلة ما بعد الدكتوراة في الطب في المكتبة الوطنية في قسم المعلوماتية الطبية وعلم الأوبئة السريري في جامعة العلوم والصحة في أوريغون (Oregon Health and Science University) (OHSU) في بورتلاند، أوريغون، الولايات المتحدة. لقد عملت لسنوات كثيرة في صناعة أنصاف النواقل. مجال أبحاثها الحالية هو استعمال معالجة الإشارة وتقنيات التعلم الآلي لتحليل واسترجاع الصورة الطبية. تشمل اهتماماتها استرجاع المعلومات والنمذجة الإحصائية. حصلت على بكالوريوس في التقانة في الهندسة الكهربائية من المعهد الهندي للتقانة، بومباي، الهند، وحصلت على ماستر ودكتوراة في الهندسة الكهربائية من المعهد البوليتكنيكي من رينسيلر، تروي، نيويورك، الولايات المتحدة.

إيلينا كاراهانا (Elena Karahanna)، هي أستاذة إدارة الأعمال في قسم MIS في كلية تيري لإدارة الأعمال، جامعة جورجيا. حصلت على الدكتوراة في إدارة نظم المعلومات من جامعة مينيسوتا وحصلت على درجتي لبكالوريوس والماجيستير في علوم الحاسوب من جامعة ليه. تشمل اهتماماتها البحثية قبول تقانة المعلومات في المؤسسات والتجارة الإلكترونية B2C والرعاية الصحية، وقيادة نظم المعلومات، والقضايا الثقافية. لقد نُشرت أعمالها في مجلات مثل *IEEE Transactions on Engineering Management* و *Information Systems Research* و *Management Science* و *MIS Quaterly*

و *Organization Science* وغيرها. وتعمل حالياً محررة بارزة في *Information Systems Research* ومحررة مشاركة في *Management Science*. وقد عملت محررة بارزة في مجلتي *MIS Quaterly* و *Journal of AIS*.

إيفانجيلوس كاتساماكاس (Evangelos G. Katsamakas)، هو أستاذ مساعد في مجال نظم المعلومات، مدرسة إدارة الأعمال في جامعة فوردهام في نيويورك. يحمل شهادة الدكتوراة من مدرسة شترن لإدارة الأعمال، من جامعة نيويورك، وماجيستير من مدرسة لندن للاقتصاد. تُحلِّل أبحاث البروفسور كاتساماكاس أثر الاقتصاد والأعمال في تقانة المعلومات والإنترنت، وهو يركّز على البرمجيات المفتوحة المصادر، والأسواق الإلكترونية، والمنصات التقنية، والتقانات المعطِّلة، وتقانة المعلومات في مجال الرعاية الصحية. تشمل اهتماماته البحثية الاقتصاد ونمذجة نظرية اللعبة، والمحاكاة الديناميكية للنظم المعقدة. ظهرت أبحاث البروفسور كاتساماكاس في *Management Science*، و *Journal of MIS*، و *System Dynamics Review*، و *International Journal of Medical Informatics* وغيرها من المجلات الأكاديمية الكبرى، وحوليات المؤتمرات والكتب. وقد عمل محرراً زائراً في العدد الخاص لـ *System Dynamics Review* لخريف 2008 حول ديناميك نظم المعلومات.

جينمان كيم (Jinman Kim)، هو زميل في مرحلة ما بعد الدكتوراة في جامعة سيدني. وفي عام 2008 جرت مكافأته بمنحة من مجلس الأبحاث الأسترالي المرموق، ومنذ عام 2009 كان رئيساً مشاركاً للتحري لمشروع ربط الصناعة الممولة وطنياً. لقد شارك في مشروع RTN ماري كوري 3DAH : EU بمشاركة ثماني جامعات من الاتحاد الأوروبي عام 2010. تشمل اهتماماته البحثية استرجاع الصورة المتعدد الأنماط، والإظهار العلمي، وتمثيل المعطيات المعقد، والصحة النقالة.

آشنيل كيومار (Ashnil Kumar)، هو طالب دكتوراة في كلية تقانات المعلومات، جامعة سيدني. حصل على درجة دبلوم ما قبل التخرج في هندسة البرمجيات من جامعة سيدني

عام 2007. وقد كوفئ بمنحة أبحاث مايكروسوفت في آسيا (Microsoft Research Asia) (MSRA) عام 2009 وكان أيضاً طالباً زائراً في جامعة توهوكو، اليابان في السنة نفسها. تضم اهتماماته البحثية التصوير المتعدد الأنماط، واسترجاع الصورة، وتطبيقات البيان.

بيني و. ج. كووك (Benny W.C. Kwok)، حصل على درجة الماجيستير في علوم الحاسوب من الجامعة الصينية في هونغ كونغ. و تعتمد دراسة الحالة في فصله على مشروع درجة الدبلوم الذي أشرف عليه ديكسون تشيو (Dickson Chiu).

مارك لومير (Marc Lemire)، هو زميل في مجموعة البحث المتعددة الاختصاصات الصحية (Groupe de Recherche Interdisciplinaire en Santé) (GRIS)، وهو باحث مساعد في قسم إدارة الصحة، كلية الطب في جامعة مونتريال. يركّز بحثه على قضايا الهيمنة والقوة والتواصل في المؤسسات ونظام الصحة العام، ويضم قضايا التمكين الفردي في ما يتعلق بتطوير استعمالات تقانات المعلومات والاتصالات.

كاتيا ليفيسكا (Katja Leiviskä)، هي مصورة شعاعية وحاملة لشهادة ماجيستير في العلوم. تعمل بصفتها مدرسة لنظم المعلومات في جامعة أولو. تجري دراسة الدكتوراة في قسم علوم معالجة المعلومات في جامعة أولو. اهتماماتها البحثية هي نظم معلومات الرعاية الصحية والنساء وتقانة المعلومات.

رودني ل. لونغ (L. Rodney Long)، مهندس إلكترونيات في المكتبة الوطنية للطب، وهي جزء من المعاهد الوطنية للصحة، حيث عمل منذ عام 1990. وهو عضو في فرع هندسة الاتصالات، التي هي جزء من مركز ليستر هيل الوطني للاتصالات الطبية الحيوية. وقبل عمله الحالي، عمل لمدة أربع عشرة سنة في الصناعة بصفته مطوِّر برمجيات ومهندس نظم. اهتماماته البحثية في الاتصالات، ومعالجة الصورة، وقواعد المعطيات الطبية الحيوية/ العلمية، وبيولوجيا النظم. يحمل شهادة ماجيستير في الرياضيات التطبيقية من جامعة ماريلاند، وهو عضو في الاتحاد الرياضياتي الاميركي و (IEEE).

ألكسندر ماكليود (Alexander McLeod)، أستاذ مساعد في نظم المعلومات في جامعة نيڤادا، رينو. حصل على الدكتوراة في تقانة المعلومات من جامعة تكساس، سان أنطونيو. تضمّ اهتماماته البحثية الأداء المؤسساتي والفردي المتعلق بنظم المؤسسات، ونظم معلومات الرعاية الصحية، والضريبة والتقانة، وأمن نظم المعلومات. لقد نشر في *Communications of the Association of Information Systems*، و*CPA Journal*، و*Decision Sciences Journal of Innovative Education*، و*Fraud*، و *International Journal of Biomedical Engineering and Technology*، و *International Journal of Business Information Systems*، و *International Journal of Electronic Healthcare*، و *International Journal of Healthcare Information Systems And Informatics*، و*Journal of Business Ethics*، و *Journal of Information Privacy and Security*، و*Journal of Information Science and Technology*، و *Journal of Information Systems Education*.

دايفد ماينرت (David B. Meinert)، هو العميد المشارك ومدير برنامج MS CIS في جامعة ولاية ميسوري. حصل ماينرت على الدكتوراة في إدارة نظم المعلومات من جامعة ميسيسيبي في عام 1990. تشمل خلفيته المهنية تطوير البرمجيات وتكامل النظم وإدارة المشاريع. وقد نشر ماينرت في العديد من المجلات بما في ذلك *Journal of Electronic Commerce in Organaizations*، و*Journal of Applied Business Research*، و*Journal of Computer Information Systems*، و *Information Strategy: The Executive's Journal*، و*Information Resource Management Journal*، و *End User Computing Management*، و*Focus on Change Management*، و *Journal of Marketing Management*، و *Journal of Marketing Theory and Practice*.

فويتك ميكالوفسكي (Wojtek Michalowski)، هو رئيس البرنامج البحثي (MET). إنه أستاذ علوم الإدارة والقرار في كلية الإدارة في تِلْفر، وهو حائز على كرسي أبحاث الجامعة

في مجال المعلوماتية الصحية ودعم القرار، وهو أستاذ مساعد في كلية الطب في جامعة أوتاوا. وهو مؤلّف أو مشارك في تأليف أكثر من سبعين منشورة محكمة. إنّ اهتماماته البحثية في دعم القرار وتحليله، إلى جانب اهتمامه في صنع القرار السريري، هما القوتان الدافعتان وراء أبحاث (MET).

هينينغ مولر (Henning Müller)، حصل على درجة الماجيستير في المعلوميات الطبية من جامعة هايدلبرغ، ألمانيا في عام 1997، وهو متخصص في معالجة الصورة والإشارة الطبية. بعد منحة دراسية للإقامة عند أبحاث وتقانة ديملر– بنز في أميركا الشمالية في بورتلاند، بدأ رسالة الدكتوراة في مجال استرجاع الصورة المعتمد على المحتوى في جامعة جنيف، سويسرا عام 1988. بعد إقامة بحثية في جامعة موناش، ميلبورن، أستراليا 2001، أنهى رسالته الدكتوراة عام 2002. وفي السنة ذاتها بدأ بصفته زميلاً في أبحاث ما بعد الدكتوراة في خدمة المعلوماتية الطبية في جامعة ومشافي جنيف، سويسرا، حيث بدأ مشروع (MedGIFT) حول استرجاع الصور الطبية.

هاري أويناس – كوكونين (Harri Oinas-Kukkonen)، **(**حامل لشهادة الدكتوراة**)** وهو أستاذ نظم المعلومات في جامعة أولو **(**فنلندا**)**. تشمل اهتماماته البحثية الحالية الجيل الثاني من الوِب، وتصميم نظم مقنعة، وتغير السلوك، والتدخّلات الإلكترونية، والمعرفة التنظيمية والاجتماعية، وتوليد الابتكار. لقد نشر أكثر من 120 مقالة محكمة في مؤتمرات علمية عالمية ومجلات بحثية تشمل *ACM Computing Surveys*، و *Communications of the ACM*، و *Communications of the AIS*، و *The Data Base for Advances in Information Systems*، و *European Journal of Information Systems*، و *Information and Software Technology*، و *Information Technology and Management*، و *International Journal of Human-Computer Studies*، و *Journal of the AIS*، و *Journal of Medical Informatics* وغيرها. في عام 2005، حصل على

جائزة الشباب المتميز في فنلندا التي تمنحها غرفة التجارة لإنجازاته في مساعدة الشركات الصناعية في تحسين قابلية استخدامهم للوِب.

غي باريه (Guy Paré)، هو أستاذ تقانات المعلومات في (HEC) مونتريال ويشغل كرسي أبحاث كندا في تقانة المعلومات في الرعاية الصحية. وقد أدّى باريه مؤخراً العديد من المهام التحريرية المهمة وكان محكِّماً للكثير من المجلات في مجال نظم المعلومات والمعلوماتية الطبية. تشمل اهتماماته البحثية الحالية آثار تطبيقات الصحة من بُعد، والسجلات الطبية الإلكترونية وعوائق تبني وتنجيز تطبيقات الصحة الإلكترونية في نظام الرعاية الصحية الكندية.

دان ك. بيترسون (Dane K. Peterson) هو أستاذ تحليل إدارة الأعمال الكمية في جامعة ولاية ميسوري. حصل على الدكتوراة في الطرائق الكمية وعلم النفس التطبيقي من جامعة إيلينوي الجنوبية. وقد نشر في العديد من المجلات مثل *Journal of Applied Psychology*، و*Organizational Behavior and Human Decision Processes*، و*International Journal of Information Management*، و*Business and Society*، و*Information Resources Management Journal*، و*Business and Psychology*، و*Personnel Review*، و*Information Technology and People*.

إدموند براتر (Edmund Prater)، هو أستاذ مشارك في إدارة العمليات في كلية إدارة الأعمال في جامعة تكساس في أرلينغتون حيث يعمل مديراً لبرنامج (Mini-MBA) الطبي (THR/UTR). حصل على الدكتوراة في إدارة العمليات من معهد جورجيا للتقانة. وهو يحمل بكالوريوس في الهندسة الكهربائية من الجامعة التقنية في تينيسي وشهادتي ماجيستير في كل من الهندسة الكهربائية وتحليل النظم من جورجيا تِك. وقبل حصوله على الدكتوراة، أدار شركة استيراد/ تصدير بمكاتب في موسكو وسانت بطرسبورغ في روسيا. تشمل اهتماماته البحثية الحالية العمليات الطبية، والشركات الصغيرة والمتوسطة

الحجم، والرشاقة الدولية في ما يتعلق بعمل سلسلة التوريد. ويمكن الاتصال به في جامعة تكساس في أرلينغتون، كلية إدارة الأعمال.

وليانالور راغوباثي (Wullianallur Raghupathi)، هو أستاذ نظم المعلومات في كلية الدراسات العليا في إدارة الاعمال، جامعة فوردام، نيويورك. وقبل ذلك، كان أستاذاً في نظم المعلومات في جامعة ولاية كاليفورنيا، تشيكو، كاليفورنيا. وهو محرر مشارك في أميركا الشمالية لمجلة *International Journal of Health Information Systems and Informatics*. وهو أيضاً قد حرر كزائر (مع د. جوزيف تان) عدداً خاصاً عن مواضيع في إدارة الأعمال الصحية (1999) *Topics in Health Information Management* وقد حرر كضيف قسماً خاصاً في نظم معلومات الرعاية الصحية لمجلة *Communications of the ACM* (1997). كان محرراً مؤسساً لمجلة *International Journal of Computational Intelligence and Organizations*. وقد عمل عضواً متخصصاً في هيئة التحرير لمجلة Journal of systems *Management of the Association for Systems Management*. لقد نشر بروفسور راغوباثي أكثر من 90 ورقة في مجلات محكمة، وحوليات مؤتمرات، وملخصات في مؤتمرات دولية، وفصول كتب، وافتتاحيات، ودوريات بما فيها العديد في مجال تقانة معلومات الرعاية الصحية.

دانييلا ستان رايكو (Daniela Stan Raicu)، هي أستاذة مشاركة في مدرسة الحوسبة، كلية الحوسبة والأوساط الرقمية في جامعة دي بول، شيكاغو. وهي المدير المشارك لمخابر المعالجة المتعددة الأوساط الذكية والمعلوماتية الطبية ومديرة مركز التحليليات التنبؤية والتنقيب في المعطيات في دي بول. تشمل اهتماماتها البحثية التصوير الطبي، والاسترجاع المتعدد الأوساط، والتعرف على الأنماط، والتنقيب في المعطيات. لقد جرى تمويل مشاريع دانيلا من قبل مؤسسة العلوم الوطنية (NSF)، ومخبر أرغون الوطني، ووزارة التربية، ومؤسسة ماك آرثر. وقد حصلت على جائزة التميّز في التعليم من دي بول لعام 2008 وجائزة روح التحري في دي بول عام 2010. وهي تعمل أيضاً في المجلس

الوطني لجمعية أبسيلون باي إبسيلون (UPE) الفخرية في علوم المعلومات والحاسوب منذ عـام 2008. تحمـل دانـيلا دكتـوراة فـي علـوم الحاسـوب مـن جامعـة أوكلانـد، ميشـيغان، وماجيسـتير فـي علـوم الحاسـوب مـن جامعـة ولايـة وايـن، ميشـيغان، وبكـالوريوس فـي الرياضيات من بوخارست، رومانيا.

تيبّو ريزينين (Teppo Räisänen)، حاصل على شهادة الدكتوراة، وهو محاضر رئيسي فـي نظـم المعلومـات فـي جامعـة أولـو فـي العلـوم التطبيقيـة. تنطـوي أبحاثـه الحاليـة علـى دراسة كيف يمكن لتقانات الويب (Web 2.0) مثل الفيسبوك والتويتر أن تقنع المستثمرين أن يغيروا سلوكهم ومواقفهم على الخط، واستعمال تقانات (Web 2.0) لدعم توليد المعرفة والتعلّم.

جون ريردون (John L. Reardon)، هو معلم فـي إدارة تقانـة المعلومـات فـي قسم إدارة تقانــة المعلومــات، كليــة شــيدلر لإدارة الأعمــال، جامعــة هــاواي. يحمــل دكتــوراه فــي الاتصالات وعلوم المعلومات من جامعة هاواي، ولديه خبرة صناعية في الإدارة العامة، وإدارة نظم المعلومات، والرعاية الصحية (في كل من رعاية المريض والإدارة)، وهو عضو في أكاديمية الإدارة، والأكاديمية الأميركية للمديرين الطبيين، وجمعية المعلوماتية الطبية الأميركية، والجمعية الأميركية للجودة، واتحاد نظم المعلومات، وبيتا غاما سيغما، ونِت إمباكت (NetImpac)t)، ومعهد أبحـاث العمليـات وعلـوم الإدارة. لقد نشـر د. ريـردون فـي *European Journal of Information Systems* وفـي مـؤتمرات تضـمّ (AOM)، (AMCIS)، و(HICSS). يشمل اهتمامه الرئيسي دراسة تقانة معلومات الرعاية الصحية.

مارسيلا ريبيرو (Marcela X. Ribeiro)، حصلت على بكالوريوس في هندسة الحاسوب وماجيستير في علوم الحاسوب من الجامعة الفيدرالية في ساو كارلوس، البرازيل، في عامي 2002 و2004 بالترتيب. حصلت على درجة الدكتوراة في علوم الحاسوب في معهد علوم الحاسوب والرياضيات من جامعة ساو باولو في ساو كارلوس، البرازيل، في عام 2008، وهي حالياً أستاذ مساعد في قسم علوم الحاسوب في الجامعة الفيدرالية في ساو

كارلوس، البرازيل. تشمل اهتماماتها البحثية التنقيب في المعطيات المتعددة الأوساط، والتنقيب في المعطيات المرئية، والإظهار، والتشخيص المساعد بالحاسوب (CAD)، واسترجاع الصور بالاعتماد على المحتوى (CBIR). وهي عضو في جمعية الحاسوب (IEEE)، (ACM) و(SBC).

ماتّي سيبينين (Matti Seppänen)، لديه مسيرة مهنية تزيد عن خمسة عشر عاماً في منشورات دوديسيم الطبية، تشمل عدة سنوات بصفته عضواً في فريق تحرير توجيهات الطب المعتمدة على الدلائل (الطبعة الفنلندية) وكذلك بعض سنوات كنائب محرر وسنوات أخرى كمدير منتجات للحلول النقالة. وقد كان عضواً في الاتحاد الفنلندي للمحررين العلميين والصحافيين منذ عام 1997. تركّز اهتماماته البحثية على الحلول الطبية النقالة. حصل على إجازة طبيب من جامعة تامبرا. يعمل كأستاذ سريري في جامعة تامبرا، كلية الطب وكطبيب عيون في مشفى تامبرا الجامعي، وهو أيضاً محرر في بوابة دوديسيم *Terveyskirjasto* للجمهور العام.

كريستينا أ. سيرانو (Christina I. Serrano)، طالبة دكتوراه في قسم إدارة نظم المعلومات في كلية تيري لإدارة الأعمال، جامعة جورجيا. حصلت على (BHS) في الصحة العامة من جامعة الولاية أرمسترونغ أتلانتيك، وحصلت على (BBA) في نظم المعلومات الطبية من جامعة جورجيا. لديها عدة سنوات من التجربة في تطوير الوِب، وتصميم وتحليل النظم، ودعم المستثمر، والتقانة التعليمية. تشمل مجالات بحثها الرئيسة أثر المعلوماتية الصحية والتقانة على الثقافة المؤسساتية والصورة والهوية. لقد نشرت أوراق بحث في *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics* و *Journal of Nursing Management* كما عرضت أوراقاً في المؤتمر الدولي حول نظم المعلومات وأكاديمية الإدارة.

كلود سيكوت (Claude Sicotte)، أستاذ الإدارة وتقانة المعلومات في قسم إدارة الصحة، جامعة مونتريال. تركّز اهتماماته البحثية الحالية على تقانة المعلومات البازغة في قطاع

الرعاية الصحية، وخصوصاً لجهة فهم أفضل لمحددات نجاح مشاريع تنجيز نظام معلومات صحي ولتحديد إمكانات هذه التقانات لدعم شبكات رعاية متكاملة ولتحسين النتائج الصحية.

فيليب ستاين (Philip Styne)، هو أستاذ مساعد في الطب في جامعة سنترال فلوريدا وكان سابقاً في كلية جامعة تكساس وجامعة فلوريدا. حاصل على شهادة دكتوراة في الطب من جامعة ميامي وبكالوريوس من جامعة تولان. وهو زميل في اتحاد الطب الهضمي الأميركي. وهو نشِط في الممارسة السريرية للطب وتعليم الأطباء. وهو رئيس لجنة تقانة الأطباء المكلفة بالرقابة المعلوماتية لنظام مشفى بـ 2100 سرير وهو يشارك بنشاط في تنجيز النظام في ذلك المشفى. وقد نشر في مجلات مثل *Gastroenterology*، و *Hepatology* و *American Journal of Human Genetics*.

إفتخار سيكدر (Iftikhar Sikder)، أستاذ مساعد في قسم علوم المعلومات والحاسوب في جامعة كليفلاند الحكومية. تشمل مواضيع البحث والاهتمامات نظم المعلومات الجغرافية، والتنقيب في المعطيات المكانية ونظم دعم القرار المكانية، والحوسبة اللينة ونظرية المجموعات الخشنة، والنظم المتكيفة المعقدة، والديناميك غير الخطي.

كريغ سلينكمان (Craig Slinkman)، أستاذ مشارك في الإحصاء ونظم المعلومات في جامعة تكساس، أرلينغتون. حصل على الدكتوراة في إدارة العمليات من جامعة مينيسوتا 1984. يحمل ماجيستير في إدارة الأعمال وبكالوريوس في نظم المعلومات من جامعة غرين بولينغ الحكومية في أوهايو. اهتمامات كريغ البحثية هي في تحليل الانحدار التطبيقي، وتطبيقات الطرائق الإحصائية في الأبحاث، والتنقيب في المعطيات. يمكن الوصول إليه في جامعة تكساس في آرلينغتون، كلية إدارة الأعمال.

جورج ر. توما (George R. Thoma)، رئيس فرع هندسة الاتصالات في المكتبة الوطنية للطب. حصل على بكالوريوس من كلية سورثمور، وماجيستير ودكتوراة من جامعة بنسلفانيا، وجميع درجاته في مجال الهندسة الكهربائية. وبصفته مهندس الإلكترونيات

ورئيس فرع هندسة الاتصالات، يدير برامج البحث والتطوير في معالجة الصورة، وتخزين صورة الوثيقة على أقراص ضوئية رقمية، والإيصال الآلي لصورة الوثيقة، والأرشفة الرقمية لصور الأشعة السينية، ونقل الصورة العالي السرعة. لقد أجرى أيضاً أبحاثاً في الأقراص الفيديوية التماثلية، والاتصالات الفضائية، والمؤتمرات الفيديوية. ينشر بكثرة في الأدبيات التقنية ويعمل بانتظام كمتحدث مدعوّ ورئيس جلسات في مؤتمرات التصوير المتنوعة. د. توما زميل في (SPIE) والجمعية الدولية للهندسة البصرية. وقد ذُكِر في لائحة الرجال والنساء العلميين الأميركيين، و (Who's Who) في تقانة اليوم، ومنشورات مشابهة.

أغما ج. م. ترينا (Agma J.M.Traina)، حصلت على درجات البكالوريوس والماجيستير والدكتوراة في علوم الحاسوب من جامعة ساو باولو، البرازيل في أعوام 1983، 1987، 1991 بالترتيب. وهي حالياً أستاذة في قسم علوم الحاسوب في جامعة ساو باولو في ساو كارلوس، البرازيل. تشمل اهتماماتها البحثية نظم استرجاع الصورة المعتمد على المحتوى (CBIR)، وقواعد معطيات الصور، والتنقيب في الصور، وطرائق الفهرسة للمعطيات المتعددة الأبعاد، وإظهار المعلومات، ومعالجة الصور للتطبيقات الطبية. وهي عضو في جمعية الحاسوب (IEEE)، و(ACM)، و(SIGKDD)، و(SBC).

كايتانو ترينا (Caetano Traina Jr.) حصل على بكالوريوس في الهندسة الكهربائية، ودرجتي ماجيستير ودكتوراة في علوم الحاسوب من جامعة ساو باولو، البرازيل، في أعوام 1978، 1982، 1987 بالترتيب. وهو حالياً أستاذ في قسم علوم الحاسوب في جامعة ساو باولو في ساو كارلوس، البرازيل. تشمل اهتماماته البحثية طرائق النفاذ للمعطيات المعقدة، والتنقيب في المعطيات، والبحث عن التشابه، وقواعد المعطيات المتعددة الأوساط. وهو عضو في (IEEE)، و(ACM)، و(SIGMOD)، و(SIAM)، و(SBC).

كينيث تريمر (Kenneth J. Trimmer)، حاصل على درجات ماجيستير (MAcc) و(MBA) ودكتوراة، وهو أستاذ مشارك في نظم معلومات الحاسوب والمحاسبة في كلية

إدارة الأعمال في جامعة ولاية أيداهو. وهو في الجامعة مدير برنامج إدارة نظم معلومات الرعاية الصحية، ومدير مساعد في معهد أمم السكان الأصليين، ومستشار في برنامج إدارة أعمال الأميركيين الأصليين. تركّز اهتماماته البحثية على القضايا التربوية والرعاية الصحية. وبالإضافة إلى دوره كرئيس مشارك عن مسار أصغري، وهو مؤلف لأكثر من ثلاثين منشورة في مجلات محكمة، وفصول كتب، وحوليات مؤتمرات. حصل على الدكتوراة من جامعة ساوث فلوريدا.

كريغ فان سلايك (Craig Van Slyke) هو أستاذ مشارك في إدارة نظم المعلومات وهو رئيس قسم إدارة تقانة المعلومات/ علوم القرار في جامعة سانت لويس. يحمل دكتوراة في نظم المعلومات من جامعة ساوث فلوريدا. يركّز بحثه على تبني تقانة المعلومات والاتصالات وتعليم نظم المعلومات. نشر د. ڤان سلايك في مجلات تشمل *Communications of the ACM*، و*Journal of the AIS*، و *Decision Sciences* وغيرها. وهو يعمل في هيئة تحرير مجلتي *Information Resource Management* و *Journal of Information Systems Education* وهو رئيس تحرير مجلة *Journal of the Southern Association for Information Systems*.

كارلا ويغنز (Carla Wiggins)، نالت شهادتها الدكتوراة في أبحاث الخدمات الصحية، والسياسات، والإدارة من جامعة مينيسوتا. لديها اهتمام واسع ومستمر في استعمال تقانة المعلومات في إدارة مؤسسات الرعاية الصحية. يستعرض بحثها اعتماد، واستثمار، وعوائق استثمار السجلات الطبية الإلكترونية من قبل المزودين ومن قبل المؤسسات الصحية. وهي مؤلف مشارك لكتاب في إدارة الرعاية الصحية مع د. سيلوتشي، وقد نشرت عدداً من حالات دراسة إدارة الصحة وملاحظات تدريسية. د. ويغنز هي حالياً في الكلية في جامعة ويسكونسن في ميلوكي.

سيمون ويلك (Szymon Wilk)، أستاذ مساعد في مخبر نظم دعم القرار الذكي في جامعة بوزنان للتقانة. و هو حالياً زميل ما بعد الدكتوراة في (MET) (أولويات المعالجة

الإسعافية النقّالة) وهي مجموعة بحث في جامعة أوتاوا. تضم اهتماماته البحثية التطبيقات السريرية للتنقيب في المعطيات ودعم القرار، إضافة إلى تصميم وتنجيز نظم دعم القرار السريري. في مجموعة بحث (MET)، كان يعمل على تطوير نماذج القرار السريري وعلى تصميم نظام الـ (MET). كما اشترك أيضاً في مشروع مشترك بين جامعة بوزنان للتقانة ومركز الابتكار في مايكروسوفت يهدف إلى خلق نظام لدعم الاستشارات السريرية من بُعد.

راي ل. س. وونغ (Ray L. S. Wong)، حصل على درجة الماجيستير في علوم الحاسوب من الجامعة الصينية في هونغ كونغ. ودراسة الحالة في فصله يقوم على مشروع درجته تحت إشراف ديكسون تشيو (Dickson Chiu).

جوزيف م. وودسايد (Joseph M. Woodside)، طالب دكتوراة في قسم الحاسوب وعلم المعلومات. تضم الاهتمامات ومواضيع البحث دمج نظم الرعاية الصحية، والنمذجة الأرضية – المكانية – الزمانية، واعتماد تقانة معلومات الرعاية الصحية، وتعلّم الآلات، وإدارة المعرفة، وذكاء الأعمال، وتقانات الغيمة، وقواعد المعطيات الغرضية التوجّه.

الثبت التعريفي

إدخال محوسب لأوامر الطبيب (Computerized Physician Order Entry): هو سيرورة إدخال أوامر المعالجة الدوائية أو غيرها من توجيهات الطبيب إلكترونياً عوضاً عن القوائم الورقية. يسمح هذا بتخفيف الأخطاء المرتبطة بالكتابة الرديئة أو بالنسخ الخاطئ لأوامر المعالجة الدوائية.

بيان المهمة (Mission statement): هو عبارة عن وثيقة رسمية تبيّن أهداف مؤسسة أو منظمة معينة. وهو يُعدّ بياناً رسمياً في مجال الأعمال.

تحليل عاملي (Factor Analysis): وهو تقنية إحصائية تُستعمل لتحديد القوة النسبية لمؤثِّرات متنوعة على مُخرج معين.

تقانة معطِّلة (Disruptive Technology): وهي تقانة أو ابتكار يساهم في خلق سوق جديدة وشبكة قيمة جديدة، ومن ثمّ فهو يساهم في تعطيل السوق القائم ويزيح تقانة أقدم قائمة. ويُستعمل هذا الاصطلاح في أدبيات التقانة ومجال الأعمال لوصف ابتكار قد حسّن منتجاً ما أو خدمة معينة بطريقةٍ لم تتوقّعها السوق، وذلك بتوليده لمجموعة مختلفة من المستهلكين لهذه السوق الجديدة، ثمّ من خلال تخفيض الأسعار في السوق القائمة.

تنجيز (Implementation): يشير التنجيز في مجال تقانة المعلومات إلى إجراءات ما بعد البيع لتوجيه الزبون بدءاً من الشراء وصولاً إلى استعمال البرمجيات أو العتاديات المشتراة. يشمل هذا تحليل الاحتياجات والأهداف، والتخصيصات، وتكاملات النظم، وسياسات المستعمل، وتدريب المستعمل، والتسليم. ويشرف على هذه الخطوات مدير المشروع باستعمال منهجيات إدارة المشروع. ولتنجيز نظام بنجاح، هنالك العديد من المهام المرتبطة في ما بينها التي يلزم تنفيذها بترتيب مناسب. إنّ استعمال منهجية تنجيز مثبتة والاستعانة بمشورات مهنية من شأنه أن يساعد في نجاح التنجيز، ولكن في الغالب

تتسبب كثرة المهام والتخطيط السيىء إضافة إلى الموارد غير الكافية بالعديد من المشاكل خلال مشروع التنجيز. وعلى نحو مشابه وفي ما يخص النواحي الثقافية فإنّ عدم وجود تشاور كافٍ وعدم تواصل في الاتجاهين غالباً ما يكون وراء عدم تحقيق النتائج المرجوة. من المفيد الإشارة إلى أنّ مفهوم التنجيز في مجال تقانة المعلومات مغاير لما هو عليه في علم الحاسوب. إذ يشير التنجيز في مجال علم الحاسوب إلى تحقيق مواصفة تقنية أو خوارزمية مثل برنامج أو مكوِّن برمجي أو غيره من خلال البرمجة والتطوير. ويتوافر الكثير من التنجيزات التي تلبي مواصفة معيارية أو محددة. على سبيل المثال تضمّ متصفحات الويب تنجيزات الشبكة العالمية.

ثالوثية (Triangulation): وهي تقانة تُستعمل عادة لتبيان أنّه جرى استعمال أكثر من طريقتين في دراسة ما وذلك بغرض التحقق المضاعف (أو الثلاثي) من صحة النتائج. وهي تُعرف أيضاً بالتفحّص المتبادل.

ربحية (Profitability): هي قدرة الشركة على تحقيق الربح. وهي قياس نسبيّ لنجاح الأعمال التجارية. وتُعرّف أيضاً على أنها حالة أو ظرف يقود إلى تحقيق أرباح أو مكاسب مادية.

سلسلة القيمة (Value Chain): وهي سلسلة النشاطات التي تؤديها شركة عاملة في حقل صناعي معين بغية إيصال شيء قيّم (منتج أو خدمة). وتُعدّ وحدة الأعمال مستوى مناسباً لبناء سلسلة القيمة. يمرّ المنتج من خلال نشاطات للسلسلة بالترتيب، وعند كلّ نشاط يكتسب المنتج بعض القيمة. إنّ نشاطات السلسلة تعطي المنتج قيمة مضافة أكبر من مجموع قيم النشاطات منفردة. وتُعدّ سلسلة القيمة مفهوماً في إدارة الأعمال أدخله للمرة الأولى مايكل بورتر (Michael Porter) في كتابه الشهير *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance* 1985.

سلّم ليكرت (Likert Scale): هو مقياس نجده عادة في الأبحاث التي تستعمل الاستبيانات، ويُعدّ المقاربة الأكثر استعمالاً لقياس الاستجابات في البحث المسحي الاستقصائي.

سَير العمل (Workflow): يتألف من تتالٍ في الخطوات المرتبطة، مع التركيز على نموذج التدفق، حيث تتبع كلّ خطوة سابقتها من دون تأخير أو انقطاع، وتنتهي هذه الخطوة قبل أن تبدأ الخطوة اللاحقة بها. ويرتبط هذا المفهوم بمفهوم المهام غير المتداخلة.

طبيب مشرف (Attending Physician): هو طبيب أنهى مدة إقامته ويزاول الطب في عيادة أو مشفى في مجال الاختصاص الذي تعلمه في أثناء الإقامة. يمكن للطبيب المشرف أن يُشرِف على طلاب مقيمين.

طريقة تطبيق سمات الجودة التقييمية (Ilities Application Method): وهي طريقة تُستعمل لتقييم أداء نظام حيث تتفحّص العديد من سمات الجودة مثل قابلية الاستعمال (Usability)، والأمان (Security)، والمحمولية **(**قابلية الحمل**)** (Portability)، والوثوقية (Reliability) وغيرها.

عقار مُعطى وفقاً لوصفة (Prescription drug): وهو عقار يُباع حصراً عند تقديم وصفة طبية صالحة قانونياً.

عيادات ضمن مجمع تجاري (Retail Clinics): وهي عيادات متوضّعة في المجمعات التجارية حيث الأسواق ومخازن البيع بالمفرق، وهي تعالج الأمراض الخفيفة غير المعقدة، وتومّن خدمات رعاية صحية وقائية. أما العاملون فيها فهم ممرضات متمرّسات ومساعدو أطباء وأحياناً أطباء.

عيادات مباشرة من دون موعد سابق (Walk-in Medical Clinics): وتُعرف أيضاً بـ (Retail Clinics) (انظر عيادات ضمن مجمع تجاري) وهي عيادات متوضّعة في المجمعات التجارية حيث الأسواق ومخازن البيع بالتجزئة، وهي تعالج الأمراض الخفيفة غير المعقدة، وتؤمّن خدمات رعاية صحية وقائية. أما العاملون فيها فهم ممرضات متمرّسات ومساعدو أطباء وأحياناً أطباء.

معطيات مترفعة (Metadata): تُعرَّف المعطيات المترفّعة على أنها معطيات تزوّد بمعلومات حول جانب أو أكثر من جوانب المعطيات مثل وسائل توليد المعطيات،

والهدف من المعطيات، وتاريخ توليدها، والمولِّد أو مؤلِّف المعطيات، والموقع على شبكة الحاسوب حيث جرى توليد المعطيات، والمقاييس المستعملة. ففي حالة الصور الرقمية مثلاً، يمكن للمعطيات المترفعة أن تصف حجم الصورة، وعمق الألوان، ومَيْز الصورة، ومتى وُلِّدت الصورة وغيرها من المعطيات.

نظرة منظِّمة (Organizing Vision): وهو مصطلح جرى تطويره من قبل بورتون سوانسون (Burton Swanson) ونيل راميلر (Neil Ramiller) وهو يعرِّف كيفية تشكّل الرؤية حول آلية تنظيم البنى والسيرورات فيما يخصّ ابتكارات نظم المعلومات حيث يجري تجميع الصور والأفكار حول ابتكار ما من مختلف أفراد المجتمع.

نظرية السلوك المخطط (Theory of Planned Behavior): هي نظرية حول العلاقة بين الموقف والسلوك. وقد اقترحها إسحق أجزن (Icek Ajzen) لتحسين القدرة التنبؤية لنظرية الفعل المبرر من خلال تضمين الضبط السلوكي المستشعر. ولقد طُبِّقت هذه النظرية لدراسة العلاقات بين المعتقدات والمواقف والنوايا السلوكية في حقول متنوعة مثل الدعاية، والعلاقات العامة، وشركات الإعلان والرعاية الصحية.

وضعية أهبة الاستعداد (Be On Call): أن يكون العامل على أهبة الاستعداد لكي يباشر بأداء واجبه وهو بعيد من موقع العمل وذلك حال استدعائه.

ثبت المصطلحات

Automation	أتمتة
Business Process	إجرائية أعمال/ سيرورة أعمال
Perception	إدراك
Lesion	أذيّة
Correlations	ارتباطات
Retrieval	استرجاع
Citation	استشهاد
Inquiry	استعلام
Analog Signals	إشارات تماثلية
Stakeholders	أصحاب المصلحة
Visualization	إظهار
Validation	إقرار صلاحية
Optimization	أمْثلة/ استمثال
Regression	انحدار

Least Squares Regression — انحدار مربعات صغرى

Consistency — انسجام/ اتّساق

Teleconferencing — ائتمار من بعد

Cyber- — بادئة تعني معلوماتيّ (سَيبري)

Longitudinal Research — بحث طولي زمنياً

Software — برمجيات

Open Source Software — برمجيات مفتوحة المصدر

Pixel — بِكْسل (عنصر صورة)

Portal(s) — بوابة (بوابات)

Graph — بيان

Framing — تأطير

Variance — تباين

Adoption — تبنّي/ اعتماد

Clustering — تجميع

Perceived Behavioral Control — تحكم سلوكي مُستَشعَر

Process Control — تحكم في الإجراءات

Overlap	تداخل
Audit	تدقيق
Barcode	ترميز قُضباني
Networking	تشبيك
Pattern Recognition	تعرّف الأنماط
Covariates	تغايرات
Segmentation	تقطيع
Smoothing	تمليس
Implementation(s)	تنجيز (تنجيزات)
Cervical Neoplasia	تنشؤ ورمي في عنق الرحم
Data Mining	تنقيب في المعطيات
Validation	توثيق/ تحقق
Scheduling	جدولة
Desktop	حاسوب مكتبي
Grid Computing	حساب الشِّبَك
Laptops	حواسيب محمولة أو حِضنية

Offline	خارج الخط
Store-and-Forward	خزّن ثمّ مرّر
Baseline	خط قاعدي
Longitudinal Study	دراسة طويلة الأمد
License	رخصة
General Public License	رخصة عمومية عامة
Real-Time	زمن حقيقي
Records	سجلات
Perceived Ease of Use	سهولة الاستخدام المستشعرة
Context	سياق
Grid Networks	شبكات التوزيع
Array	صَفيفة
Telemedicine	طب عن بُعد
Query	طلب
IT Staff	عاملون في مجال تقانة المعلومات
Hardware	عتاد (عتاديات)

Inconsistency	عدم اتساق
Nodule	عقيدة
Mapping	عملية مقابلة أو تقابل
Inconsistent	غير متسق
Semantic Gap	فجوة دلالية
Gap	فجوة/ ثغرة
Indexing	فهرسة
Human Papillomavirus	فيروس الوروم الحليمي البشري
Usability	قابلية الاستعمال
Readability	قابلية القراءة
Feature	قَسَمة
Database	قواعد المعطيات
Eigenvalue	قيمة ذاتية
XML (Extensible Markup Language)	لغة تأشير قابلة للتوسيع
Wireless Markup Language	لغة تأشير لاسلكية
Pre-invasive	ما قبل العدواني

Online	متاح إلى الخط/ على الخط
Vector	متجه
Browser	متصفِّح
Workstations	محطات عمل
Web Server	مخدِّم ويب
Output	مُخرَج
User	مستعمل/ مستثمر/ مستخدم
Formated	مُصاغ
Format	مصاغة
Open Source	مصدر مفتوح
Artifact	مصنوع
Natural Language Processing	معالجة اللغات الطبيعية
Unstructured Data	معطيات بلا بُنية
Metadata	معطيات مترفِّعة
Multimedia Data	معطيات متعددة الأوساط
Default	مغتَفَل

Default/ by default	مغتَفل/ بالاغتفال
Standardized Vocabularies	مفردات قياسية
Data-driven	مَقود بالمعطيات
Fit	ملاءمة
Practitioner	ممارس
Consistent	منسجم/ مُتّسق
Platforms	منصات
Mediastinum	مَنْصَف
Legacy	موروث
Teratogen	مؤثر سلباً في نمو الأجنة/ مشوّه للأجنة
Free Software Foundation	مؤسسة البرمجيات الحرة
Resolution	مَيْز
Fractal Theory	نظرية الكَسوريات
Ontology	نظرية الوجود
Knowledge Management Systems	نظم إدارة المعرفة
Geographic Information Systems	نظم المعلومات الوراثية

Access	نفاذ
Computer Aided Software Engineering	هندسة البرمجيات بمعونة الحاسوب
Graphical User Interface	واجهات المستعمل البيانية
Interface	واجهة
Reliability	وثوقية
Agent	وكيل

المراجع مجمعة

Aaronson, J. W., Murphy-Cullen, C. L., Chop, W. M., and Frey, R. D. (2001). Electronic medical records: The family practice resident perspective. *Family Medicine*, 33(2), 128–132.

Adams, G. L., Campbell, P. T., and Adams, J. M. (2006). Effectiveness of prehospital wireless transmission of electrocardiograms to a cardiologist via hand-held device for patients with acute myocardial infarction (from the timely intervention in myocardial emergency, northeast experience). *The American Journal of Cardiology*, 98(9), 1160–1164. doi:10.1016/j.amjcard.2006.05.042

Afilalo, J., Marinovich, A., Af ilalo, M., Colacone, A., Léger, R., and Unger, B. (2004). Nonurgent emergency department patient characteristics and barriers to primary care. *Academic Emergency Medicine*, 11(12), 1302–1310. doi:10.1111/j.1553-2712.2004.tb01918.x

Agarwal, R., and Prasad, J. (1997). The role of innovation characteristics and perceived voluntariness in the acceptance of information technologies. *Decision Sciences*, 28(3), 557–582. doi:10.1111/j.1540-5915.1997.tb01322.x

Agarwal, R., and Prasad, J. (1998). A conceptual and operational definition of personal innovativeness in the domain of Information Technology. *Information Systems Research*, 9(2), 204–215. doi:10.1287/isre.9.2.204

Aggarwal, C. C., and Yu, P. S. (2002). Redefining clustering for high-dimensional applications. [TKDE]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 14(2), 210–225. doi:10.1109/69.991713

AHA. (2007). *Continued progress: Hospital use of Information Technology*. Chicago, IL: American Hospital Association.

AHRQ. (2003). *AHRQ quality indicators - Guide to inpatient quality indicators: Quality of care in hospitals - Volume, mortality, and utilization (No. AHRQ Pub.No. 02-RO 204)*. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality.

AHRQ. (2007a). *AHRQ - Guide to inpatient quality indicators*, ver. 3.1.

Aisen, A. M., Broderick, L. S., Winer-Muram, H., Brodley, C. E., Kak, A. C., Pavlopoulou, C., et al. (2003). Automated Storage and Retrieval of Thin-Section CT Images to Assist Diagnosis: System Description and Preliminary Assessment. *Radiology. Jul 1*, 228(1), 265-270.

Ajzen, I., and Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Ajzen, I., and Madden, T. J. (1986). The prediction of goal directed behavior: Attitudes, intentions and perceived behavioral control. *Journal of Experimental Psychology*, 22, 453–474. doi:10.1016/0022-1031(86)90045-4

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. doi:10.1016/0749-5978(91) 90020-T

Ajzen, I., and Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs:Prentice Hall.

Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In Kuhl, J., & Beckemann, J. (Eds.), *Action Control: From Cognitions to Behavior* (pp. 11–39). New York: Springer Verlag.

Alexander, F. F. (1992). Methods for the assessment of disease clusters. In *Geographical & environmental epidemiology: Methods for small-area studies* (pp. 238-247).

Almeida, J., Valle, E., Torres, R., and Leite, N. (2010). DAHC-tree: An effective index for approximate search in high-dimensional metric spaces. *Journal of Information and Data Management - JIDM*, 1(3), 375-390.

Altman, D. G. (1990). *Practical statistics for medical research*. Chapman and Hall.

Amarasingham, R., Diener-West, M., Plantinga, L., Cunningham, A., Gaskin, D., and Powe, N. (2008). Hospital characteristics associated with highly automated and usable clinical Information Systems in Texas, United States. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 8, 39. doi:10.1186/1472-6947-8-39

American College of Radiology. (2003). *Breast imaging reporting and data system*. BI-RADS.

American Hospital Association. (2007). Continued progress: Hospital use of information technology. Retrieved February 4, 2008 from www-03.ibm.com/industries/healthcare/doc/content/bin/continuedprogress.pdf

Amin, R. (2010). Epidemiologic mapping of Florida childhood cancer clusters. *Pediatric Blood & Cancer*, 54, 511–518.

Ammenwerth, E., Ehlers, F., Kutscha, A., Kutscha, U., Eichstadter, R., and Resch, F. (2002). Supporting patient care by using innovative Information Technology: A case study from clinical psychiatry. *Disease Management & Health Outcomes*, 8, 479–487. doi:10.2165/00115677- 200210080-00004

Andersen, R. M. (1995). Revisiting the behavioural model and access to medical care: Does it matter? *Journal of Health and Social Behavior*, 36(1), 1–10.doi:10.2307/2137284

Andersen, R. M., and Newman, J. F. (1973). Societal and individual determinants of medical care utilization in the United States. *The Milbank Memorial Fund Quarterly. Health and Society*, 51(1), 95–124. doi:10.2307/3349613

Anderson, D. M., Asher, L. M., and Wilson, E. A. (2007). Physician computer skills: A prerequisite to the future in healthcare services. *The Journal of the Kentucky Medical Association*, 105(2), 67–71.

Anderson, J. G., and Balas, E. A. (2006). Computerization of primary care in the United States. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 1(3),1–23. doi:10.4018/jhisi.2006070101

Anderson, G. F., Frogner, B. K., Johns, R. A., and Reinhardt, U. E. (2006). Health care spending and use of information technology in OECD countries. *Health Affairs (Project Hope)*, 25(3), 819–831. doi:10.1377/hlthaff.25.3.819

Anderson, J. G., and Balas, E. A. (2006). Computerization of Primary Care in the United States. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 1(3), 1–23. doi:10.4018/jhisi.2006070101

Anderson, J. G. (1997). Clearing the way for physicians' use of clinical information systems. *Communications of the ACM*, 40(8), 83–90. doi:10.1145/ 257874.257895

Anderson, R. A., and McDaniel, R. R. Jr. (2000). Managing healthcare organizations: where professionalism meets complexity science. *Health Care Management Review*, 25(1), 83–92.

Anderson, J. G. (2004). Consumers of e-health: Patterns of use and barriers. *Social Science Computer Review*, 22, 242–248. doi:10.1177/0894439303262671

Andrews, J. E., Pearce, K. A., Ireson, C. and Love, M. M. (2005). Information-seeking behaviors of practitioners in a primary care practice-based research netwok (PBRN), *Journal of Medical Library Association*, 93(@), 206-212.

Anonymous. (2008). *A doctor's visit is just a click away*. Retrieved on November 15, 2010, from http://video.msn.com/v/us/msnbc.htm?g=5e52a295-85e6-4c60-8037-9ef7975b3ef4&f=00&fg

Anselin, L. (2005). *Exploring spatial data with GeoDa: A workbook*. Center for Spatially Integrated Social Science.

Anselin, L., Syabri, I., and Kho, Y. (2004). *GeoDA: An introduction to spatial data analysis*.

Antani, S., Deserno, T. M., Long, L. R., Güld, M. O., Neve, L., and Thoma, G. (2007). Interfacing global and local CBIR systems for medical image retrieval. In Horsch, A., Deserno, T. M., Handels, H., Meinzer, H. P., and Tolxdorff, T. (Eds.), *Bildverarbeitung für die Medizin 2007* (pp. 166–171). Berlin, Germany: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-3-540-71091-2_34

Antani, S., Long, L. R., and Thoma, G. (2008). Bridging the gap: Enabling CBIR in medical applications. *Proceedings of the 21st International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2008)*, (pp. 4-6). University of Jyväskylä, Finland.

Armato, S. III, Roberts, R. Y., Kocherginsky, M., Aberle, D. R., Kazerooni, E. A., and MacMahon, H. (2009). Assessment of radiologist performance in the detection of lung nodules: Dependence on the definition of "truth.". *Academic Radiology*, 16(1), 28–38. doi:10.1016/j.acra.2008.05.022

Armato, S. G., McLennan, G., McNitt-Gray, M. F., Meyer, C. R., Yankelevitz, D., and Aberle, D. R. (2004). Lung image database consortium: Developing a resource for the medical imaging research community. *Radiology*, 232(3), 739–748. doi:10.1148/radiol.2323032035

Armstrong, M. (2003). *How to be an even better manager*. London, UK: Kogan Page.

Armstrong, T. (2007). Electronic medical record, MD Point CMS. Retrieved February 4, 2008 from http://www.mdpointcms.com/index.php?x=20

Ash, J. S., Gorman, P. N., Seshadri, V., and Hersh, W. R. (2002). Computerized physician order entry in U.S. hospitals: Results of a 2002 survey. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 11(2), 95–99.doi:10.1197/jamia. M1427

Ash, J. S., and Bates, D. W. (2005). Factors and forces affecting EHR system adoption: Report of a 2004 ACMI discussion. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 12(1), 8–12. doi:10.1197/jamia.M1684

Assuncao, R., and Reis, E. A. (n.d.). A new proposal to adjust Moran's I for population density. *Statistics in Medicine*, 18, 2147-2161.

Audet, A., Doty, M., Peugh, J., Shamasdin, J., Zapert, K., and Schoenbaum, S. (2004). Information technologies: When will they make it into physicians' black bags? *Medscape General Medicine*, 6(4), 843–853.

Avazpour, I., Roslan, R. E., Bayat, P., Saripan, M. I., Nordin, A. J., and Abdullah, R. S. A. J. (2009). Segmenting CT images of bronchogenic carcinoma with bone metastases using PET intensity markers approach. *Acta Radiologica. Oncology*, 43(3), 180–186.

Avgar, A., Hitt, L. M., and Tambe, P. (2010). The effects of organizational factors on healthcare IT adoption costs: Evidence from New York nursing homes. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Ayal, M., and Seidmann, A. (2009). On the economic role of RIS/PACs in healthcare: An empirical study. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Ayres, C. (1996). *The theory of economic progress* (4th ed.). Chapel Hill: University of North Carolina Press.

Babbie, E. R. (2005). *The basics of social research*. Belmont, CA: Thomson Wadsworth, Publishers.

Babcock, C., and McGee, M. K. (2007). Microsoft vs. open source moves into healthcare. *InformationWeek*, 1128, 31–32.

Bagozzi, R. P. (2007). The legacy of the technology acceptance model and a proposal for a paradigm shift. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 244–254.

Bagozzi, R. P., Davis, F. D., and Warshaw, P. R. (1992). Development and test of a theory of technological learning and usage. *Human Relations*, 45(7), 660–686.doi:10.1177/001872679204500702

Baier, A. (1986). Trust and antitrust. *Ethics*, 96(2), 231–260. doi:10.1086/292745

Bailey, T. C., and Gatrell, A. C. (1995). *Interactive spatial data analysis*. New York, NY: John Wiley and Sons.

Baker, L., Wagner, T. H., Singer, S., and Bundorf, M. K. (2003). Use of the Internet and e-mail for health care information: Results from a national survey. *Journal of the American Medical Association*, 289(18), 2400–2406. doi:10.1001/jama.289.18.2400

Balan, A. G. R., Traina, A. J. M., Traina, C., Jr., and Marques, P. M. A. (2005). *Fractal analysis of image textures for indexing and retrieval by content*. Paper presented at the 18th IEEE Intl. Symposium on Computer-Based Medical Systems - CBMS, Dublin, Ireland.

Barioni, M. C. N., Razente, H. L., Traina, A. J. M., and Traina, C. Jr. (2008). Accelerating k-medoid-based algorithms through metric access methods. [JSS]. *Journal of Systems and Software*, 81(3), 343–355. doi:10.1016/j.jss.2007. 06.019

Barioni, M. C. N., Razente, H. L., Traina, A. J. M., and Traina, C. Jr. (2009). Seamlessly integrating similarity queries in SQL. *Software, Practice & Experience*, 39(4),355–384. doi:10.1002/spe.898

Barioni, M. C. N., Kaster, D. S., Razente, H. L., Traina, A. J. M., and Traina, C. Jr. (2010). Querying multimedia data by similarity in relational DBMS. In Yan, L., and Ma, Z. (Eds.), *Advanced database query systems: Techniques, applications and technologies* (p. 34). Hershey, PA: IGI Global.

Barioni, M. C. N., Razente, H. L., Traina, A. J. M., and Traina, C., Jr. (2006). *SIREN: A similarity retrieval engine for complex data*. Paper presented at the Demo section of the 32nd Intl Conference on Very Large Data Bases (VLDB 06), Seoul, South Korea.

Barrett, B., Marchand, L., and Scheder, J. (2003). Themes of holism, empowerment, access, and legitimacy define complementary, alternative, and integrative medicine in relation to conventional biomedicine. *Journal of Alternative and Complementary Medicine (New York, N.Y.)*, 9, 937–947. doi:10.1089/107555303771952271

Bates, D. W. (2002). The quality case for Information Technology in healthcare. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 2(7).

Bearden, W. O., Netemeyer, R. G., and Teel, J. E. (1989). Measurement of consumer susceptibility to interpersonal influence. *The Journal of Consumer Research*, 15(4), 473. doi:10.1086/209186

Benbasat, I., Goldstein, D. K., and Mead, M. (1987). The case research strategy in studies of information systems. *Management Information Systems Quarterly*, 11(3), 369–386. doi:10.2307/248684

Benbaset, I., and Barki, H. (2007). Quo vadis, TAM? *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 211–218.

Berchtold, S., Keim, D. A., and Kriegel, H.-P. (1996). *The X-tree: An index structure for high-dimensional data*. Paper presented at the International Conference on Very Large Databases (VLDB), Bombay, India.

Bergeron, B. P. (2006). I have an EMR system – now what? *The Journal of Medical Practice Management*, 22(3), 131–132.

Berwick, D. (2005). 'A deficiency of will and ambition': A conversation with donald berwick. interview by Robert galvin. *Health Affairs (Project Hope)*, (Suppl Web Exclusives), W5-1–W5-9.

Berwick, D. M. (2003). Disseminating innovations in health care. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 289(15), 1969–1975. doi:10.1001/jama.289.15.1969

Besag, J. E., York, J. C., and Mollie, A. (1991). Bayesian image restoration with two applications in spatial statistics. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 43, 1–59. doi:10.1007/BF00116466

Beutel, J., Sonka, M., and Fitzpatrick, J. M. (2000). *Handbook of medical imaging: Medical image processing and analysis*. Bellingham, WA: SPIE.

Beyer, T., and Pichler, B. (2009). A decade of combined imaging: From a PET attached to a CT to a PET inside an MR. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 36 (Suppl 1), S1–S2. doi:10.1007/s00259-008-1041-5

Beyer, K., Godstein, J., Ramakrishnan, R., and Shaft, U. (1999). *When is "nearest neighbor" meaningful?* Paper presented at the International Conference on Database Theory (ICDT), Jerusalem.

Bhattacherjee, A. (2001). Understanding information systems continuance: an expectation-confirmation model. *Management Information Systems Quarterly*, 25(3),351–370. doi:10.2307/3250921

Bhattacherjee, A., and Hikmet, N. (2007). Physicians' resistance toward healthcare Information Technologies: A dual-factor model. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Bido, D. (2006). SmartPLS forums. Retrieved from http://www.smartpls.de/forum/viewtopic.php?t=185&highligh t=multicollinearity

Birkmeyer, J., Birkmeyer, C., Wennberg, D., and Young, M. (2000). *Leapfrog safety standards: Potential benefits of universal adoption*. Washington, DC: The Leapfrog Group.

Blinn, N., Kühne, M., and Nüttgens, M. (2010). Are public and private health insurance companies going Web 2.0? A complete inventory count in Germany. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Blum, A. L., and Langley, P. (1997). Selection of relevant features and examples in machine learning. *Artificial Intelligence*, 97, 245–271. doi:10.1016/S0004-3702(97)00063-5

Blumenthal, D. (2002). Doctors in a wired world: Can professionalism survive connectivity? *The Milbank Quarterly*, 80(3), 525–546. doi:10.1111/1468-0009.00021

Borger, C., Smith, S., Truffer, C., Keehan, S., Sisko, A., Poisal, J., et al. (2006). Health spending projections through 2015: Changes on the horizon. *Health Affairs Web Exclusive*, W61.

Boyes, W., and Melvin, M. (2008). *Microeconomics* (7th ed.). Boston, MA: Houghton Mifflin Company.

Brailer, D. J. (2005). Economic perspectives on health Information Technology. *Business Economics* (Cleveland, Ohio), 40 (3), 6–14. doi:10.2145/ 20050301

Brancheau, J. C., and Wetherbe, J. C. (1990). The adoption of spreadsheet software: Testing innovation diffusion theory in the context of end-user

computing. *Information Systems Research*, 1(2), 115–143. doi:10.1287/isre.1.2.115

Breen, G.-M., Wan, T. T. H., and Ortiz, J. (2010). Information Technology adoption in rural health clinics: A theoretical analysis. *Journal of Information Technology Impact*, 10(1), 1–14.

Brennan, D. M., Holtz, B. E., Chumbler, N. R., Kobb, R., and Rabinowitz, T. (2008). Visioning technology for the future of telehealth. *Telemedicine and E-Health*, 14(9), 982–985. doi:10.1089/tmj.2008.0116

Broder, C. (2005, April 4). Speaker: Practice redesign, technology should go together. *Healthcare IT News*.

Brooks, R. G., and Menachemi, N. (2006). Physicians' use of email with patients: Factors influencing electronic communication and adherence to best practices. *Journal of Medical Internet Research*, 8(1), e2. doi:10.2196/jmir. 8.1.e2

Brooks, R., Menachemi, N., Burke, D., and Clawson, A. (2005). Patient safety-related Information Technology utilization in urban and rural hospitals. *Journal of Medical Systems*, 29(2), 103–109. doi:10.1007/s10916-005-2999-1

Broom, A. (2005). Virtually healthy: The impact of internet use on disease experience and the doctor-patient relationship. *Qualitative Health Research*, 15(3), 325–345. doi:10.1177/1049732304272916

Brown, H. G., Deng, L., Poole, M. S., and Forducey, P. (2005). Towards a sociability theory of computer anxiety: An interpersonal circumplex perspective. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Brownstein, J., Green, T., Cassidy, T., and Butler, S. (2010). Geographic Information Systems and pharmacoepidemiology: Using spatial cluster detection to monitor local patterns of prescription opioid abuse. *Pharmacoepidemiology and Drug Safety*, 19, 627–637. doi:10.1002/pds.1939

Bui, A. A. T., Taira, R. K., Dionisio, J. D. N., Aberle, D. R., El-Saden, S., and Kangarloo, H. (2002). Evidencebased radiology: requirements for electronic access. *Acad Radiol. Jun*, 9(6), 662-9.

Bujak, J. S. (2002). Service and collaboration keys to physician control. *Physician Executive*, 28(3), 22–25.

Burda, D. (2008, May 12).Transcript of roundtable discussion with Mike Leavitt. *Modern Healthcare*. Retrieved May 12, 2008, from http://modernhealthcare.com

Burke, D. E., and Menachemi, N. (2004). Opening the black box: Measuring hospital Information Technology. *Health Care Management Review*, 29(3), 207–217.

Burley, L., Scheepers, H., and Owen, L. (2008). The internal value of mobile computing in emergency medical services: An Australian case study. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Burnkrant, R. E., and Cousineau, A. (1975). Informational and normative social influence on buyer behavior. *The Journal of Consumer Research*, 2(3), 206–215. doi:10.1086/208633

Burns, J., Haramati, L. B., Whitney, K., and Zelefsky, M. N. (2004). Consistency of reporting basic characteristics of lung nodules and masses on computed tomography. *Academic Radiology*, 11(2), 233–237. doi:10.1016/ S1076-6332(03)00573-7

Burrell, G. (1999). Normal science, paradigms, metaphors, discourses and genealogies of analysis. In Clegg, S. R., Hardy, C., and Nord, W. R. (Eds.), *Handbook of organization studies* (pp. 642–658). Thousand Oaks, CA: Sage.

Burrows, R., Nettleton, S., Pleace, N., Loader, B., and Muncer, S. (2000). Virtual community care? Social policy and the emergence of computer mediated social support. *Inform C Soc*, 3(1), 95–121. doi:10.1080/ 136911800359446

Burt, C. W., and Sisk, J. E. (2005). Which physicians and practices are using electronic medical records? *Health Affairs (Project Hope)*, 24(5), 1334–1343. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1334

Burt, C. W., Hing, E., and Woodwell, D. (2007). *Electronic medical record use by office-based physicians: United States, 2005*. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, Hyattsville, MD.Retrieved February 27, 2007, from http://www.cdc.gov/nchs/products/pubs/pubd/hestats/electronic/ electronic.htm

Bush, P. D. (1986). On the concept of ceremonial encapsulation. *Review of Institutional Thought*, 3, 25–45.

Cai, W., Feng, D., and Fulton, R. (2000). Content-based retrieval of dynamic PET functional images. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 4(2),152–158. doi:10.1109/4233.845208

Cai, W., Kim, J., and Feng, D. (2007). Content-based medical image retrieval. In Feng, D. (Ed.), *Biomedical Information Technology* (pp. 83–113). San Diego, CA: Elsevier Press.

Callahan, J. (2007). *EMR for the small practice: The EMR conundrum*. MediNotes Corporation. Retrieved April 13, 2008, from http://www.medinotes.com/content/pdf/whitepapers/The5CriticalSteps_FINAL0707.pdf

Camic, C. (1986). The matter of habit. *American Journalof Sociology*, 91(5), 1039–1087. doi:10.1086/228386

Campbell, E. M., Sittig, D. F., Ash, J. S., Guappone, K. P., and Dykstra, R. H. (2006). Types of unintended consequences related to computerized provider order entry. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 13(5), 547–556. doi:10.1197/jamia.M2042

Carbone, P. P., Kaplan, H. S., Musshoff, K., Smithers, D. W., and Tubiana, M. (1971). Report of the committee on Hodgkin's disease staging classification. *Cancer Research*, 31, 1860–1861.

Carelo, C. C. M., Pola, I. R. V., Ciferri, R. R., Traina, A. J. M., Traina, C. Jr, and Ciferri, C. D. A. (2011). Slicing the metric space to provide quick indexing of complex data in the main memory. [ISJ]. *Information Systems Journal*, 36(1).

Carlson, J. R., and Zmud, R. W. (1999). Channel expansion theory and the experiential nature of media richness perceptions. *Academy of Management Journal*, 42(2), 153–170. doi:10.2307/257090

Catlin, A., Cowan, C., and Heffler, S. (2006). National health spending in 2005. *Health Affairs*, 26(1), 142–153. doi:10.1377/hlthaff.26.1.142

CBIR Workshop Panel. (2007). *Content-based image retrieval for biomedical image archives: Achievements, problems, and prospects*. Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI

2007). Retrieved from http://www.eng.tau.ac.il/~hayit/MICCAI_CBIR_workshop/

CBIR Workshop Panel. (2008). *Content-based imageretrieval: Major challenges for medical applications*. SPIEMedical Imaging 2008. Retrieved from http://archive.nlm.nih.gov/spiemi08/CBIRpanel.php

CDC, HRSA. (2010). *Healthy people 2010*.

CDC. (2010). *U.S. obesity trends*.

Chakraborty, D. (2002). Statistical power in observer performance studies: Comparison of the receiver operating characteristic and free-response methods in tasks involving localization. *Academic Radiology*, 9(2), 147–156. doi:10.1016/S1076-6332(03)80164-2

Chang, N., and Fu, K. (1980). Query-by-Pictorial-Example. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 6(6),519–524. doi:10.1109/TSE.1980.230801

Chang, K. (2006). *Introduction to Geographic Information Systems*. New York, NY: McGraw-Hill.

Chang, K. Y. (2005). *IDEAL pattern recognition toolbox*. Retrieved from www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/7972

Chatzopoulou, G., Eirinaki, M., and Polyzotis, N. (2009). *Query recommendations for interactive database exploration*. Paper presented at the 21st International Conference on Scientific and Statistical Database Management, SSDBM 2009, New Orleans, LA.

Chau, P. Y. K., and Hu, P. J. H. (2002). Investigating healthcare professionals' decisions to accept telemedicine technology: An empirical test of competing theories. *Information & Management*, 39(4), 297–311. doi:10.1016/S0378-7206(01)00098-2

Chau, P. Y. K., and Hu, P. J. H. (2001). Information technology acceptance by individual professionals: a model comparison approach. *Decision Sciences*, 32(4), 699–719.doi:10.1111/j.1540-5915.2001.tb00978.x

Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., and Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: Synthetic minority over-sampling technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 16, 321–357.

Chen, Y., and Atwood, M. E. (2010). Challenges of mobile clinical system design: What do nurses think? *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii

Chengular-Smith, I., and Huang, K.-Y. (2010). Cultural dimensions as moderators of the UTAUT model: A research proposal in a healthcare context. *Proceedings of the Americas Conference on Information Systems*, Lima, Peru, August 12-15, 2010.

Chiasson, M., and Davidson, E. (2005). Taking industry seriously in Information Systems research. *Management Information Systems Quarterly*, 29(4), 591–605.

Chiasson, M. W., and Davidson, E. (2004). Pushing the contextual envelope: developing and diffusing IS theory for health information systems research. *Information and Organization*, 14(3), 155–188. doi:10.1016/j.infoandorg.2004. 02.001

Chiasson, M., Reddy, M., Kaplan, B., and Davidson, E. (2007). Expanding multi-disciplinary approaches to healthcare Information Technologies: What does Information Systems offer medical informatics. *International Journal of Medical Informatics*, 76(S), 89-96.

Chin, W. W. (1998). Issues and opinion on structural equation modeling. *Management Information Systems Quarterly*, 22(1), 1–12.

Chin, W. W., and Newsted, P. R. (1999). *Structural equations modeling analysis with small samples using partial least squares. Statistical strategies for small sample research*. Sage.

Chismar, W. G., and Wiley-Patton, S. (2003). Does the extended technology acceptance model apply to physicians? *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Cho, S., Mathiassen, L., and Gallivan, M. (2008). From adoption to diffusion of a tele-health innovation. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Choi, D. H., Kim, J., and Kim, S. H. (2007). ERP training with a Web-based electronic learning system: The flow theory perspective. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65, 223–243. doi:10.1016/j.ijhcs.2006.10.002

Chowdhury, F., and Scarsbrook, A. (2008). The role of hybrid SPECT-CT in oncology: Current and emerging clinical applications. *Clinical Radiology*, 63, 241–251. doi:10.1016/j.crad.2007.11.008

Christmann, S. (2005, April). *Health literacy and Internet: recommendations to promote health literacy by the means of Internet*. http://www.eurohealthnet.eu/ images/publications/pu_8.pdf.

Ciaccia, P., Patella, M., and Zezula, P. (1997). *M-tree: An efficient access method for similarity search in metric spaces*. Paper presented at the International Conference on Very Large Databases (VLDB), Athens, Greece.

Cimono, J. J., Teich, J. M., Patel, V. L., and Zhang, J. (1999). *What is wrong with EMR?* (Panel Proposal). American Medical Informatics Association. Retrieved August 24,2008, from http://acad88.sahs.uth.tmc.edu/research/ publications/EMR.pdf

Clayton, D., and Kaldor, J. (1987). Empirical Bayes estimates of age standardized relative risks for use in disease mapping. *Biometrics*, 43, 671–681. doi:10.2307/2532003

Cleverley, W. (1995). Understanding your hospital's true financial position and changing it. *Health Care Management Review*, 20(2).

Cleverley, W., and Harvey, R. (1992). Competitive strategy for successful hospital management. *Hospital & Health Services Administration*, 37(1), 53–69.

Clough, P., Müller, H., Deselaers, T., Grubinger, M., Lehmann, T. M., Jensen, J., and Hersh, W. (2006). The CLEF 2005 Cross-Language Image Retrieval Track. *Springer Lecture Notes in Computer Science, LNCS*, 4022, 535–557. doi:10.1007/11878773_60

Commowicka, O., Grégoirec, V., and Malandaina, G. (2008). Atlas-based delineation of lymph node levels in head and neck computed tomography images. *Radiotherapy and Oncology*, 87(2), 281–289. doi:10.1016/j.radonc. 2008.01.018

Comrey, A. L., and Lee, H. B. (1992). *A first course in factor analysis* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Connolly, C. (2005, March, 21). Cedars-Sinai Doctors Cling to Pen and Paper, *The Washington Post*, p. A01. Retrieved February 4, 2008 from http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A52384-2005Mar20.html

Cooper, R. B., and Zmud, R. W. (1990). Information Technology implementation research: A technological diffusion approach. *Management Science*, 36(2), 123–139. doi:10.1287/mnsc.36.2.123

Cordeiro, R. L. F., Guo, F., Haverkamp, D. S., Horne, J. H., Hughes, E. K., Kim, G., et al. (2010). *QMAS: Querying, mining and summarization of multi-modal databases*. Paper presented at the 10th IEEE International Conference on Data Mining, Sydney, Australia.

Cordeiro, R. L. F., Traina, A. J. M., Faloutsos, C., and Traina, C., Jr. (2010). *Finding clusters in subspaces of very large, multi-dimensional datasets*. Paper presented at the 26th IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE 2010), Long Beach, California.

Corey, C., and Grossman, J. M. (2007). Clinical information technology adoption varies across physician specialties, *Center for Studying Health System Change*. Data Bulletin, Number 34. Retrieved February 4, 2008 from http://www.hschange.com/CONTENT/945/

Cork, R. D., Detmer, W. M., and Friedman, C. P. (1998). Development and initial validation of an instrument to measure physicians' use of, knowledge about, and attitudes toward computers. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 5(2), 164–176. doi:10.1136/ jamia.1998.0050164

Cory, C., and Grossman, J. M. (2007). *Clinical Information Technology adoption varies across physician specialties*. Center for Studying Health System Change, Data Bulletin No. 34, September.

Costa Oliveira, M., Cime, W., and Azevedo Marques, P. M. (2007). Towards applying content-based image retrieval in clinical routine. *Future Generation Computer Systems*, 23(3), 466–474. doi:10.1016/j.future.2006.06.009

Cotton, S. R., and Gupta, S. S. (2004). Characteristics of online and offline health information seekers and factors that discriminate between them. *Soc Sci Med*, 59(9),1795-1806.

Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behav Brain Sci.*, Feb, 24(1), 87-114, discussion 114-85.

Cromley, E. K. (2003). GIS and disease. *Annual Review of Public Health*, 24, 7–24. doi:10.1146/annurev.publhealth.24.012902.141019

Crowston, K., and Howison, J. (2006). Assessing the health of open source communities. *Computer*, 39(5), 89–91.doi:10.1109/MC.2006.152

Crowston, K., Howison, J., and Annabi, H. (2006). Information Systems success in free and open source software development: Theory and measures. *Software Process Improvement and Practice*, 11(2), 123–148. doi:10.1002/ spip.259

Crowston, K., Li, Q., Wei, K. N., Eseryel, U. Y., Howison, J. (2007). Self-organization of teams for free/ libre open source software development. *Information and Software Technology*, 49(6), 564–575. doi:10.1016/j.infsof. 2007.02.004

Crowston, K., Annabi, H., and Howison, J. (2003). Defining open source software project success. *Proceedings of the 24th International Conference on Information Systems*, (pp. 1-14).

Csikszentmihalyi, M. (1977). *Beyond boredom and anxiety*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Currie, W. L. (2004). The organizing vision of application service provision: A process-oriented analysis. *Information and Organization*, 14, 237–267. doi:10.1016/j.infoandorg.2004.07.001

Cutler, D., Feldman, N., and Horwitz, J. (2005). U.S. adoption of computerized physician order entry systems. *Health Affairs*, 24, 1654–1663. doi:10.1377/ hlthaff.24.6.1654

Daar, A., Harrison, M. I., Shakked, L., and Shalom, N. (2003). Physicians' and nurses' reactions to electronic medical records: Managerial and occupational implications. *Journal of Healthcare Organisations*, 17(5),349–359. doi:10.1108/ 14777260310505129

Daft, R. L., and Lengel, R. H. (1986). Organizational information requirements, media richness and structural design. *Management Science*, 32(5), 554–571. doi:10.1287/mnsc.32.5.554

Daft, R. L., Lengel, R. H., and Trevino, L. K. (1987). Message equivocality, media selection, and manager performance: Implications for Information Systems. *Management Information Systems Quarterly*, 11(3), 354–366. doi:10.2307/ 248682

Dailey, L. (2004). Navigational Web atmospherics: Explaining the influence of restrictive navigation cues. *Journal of Business Research*, 57(7), 795–803. doi:10.1016/S0148-2963(02)00364-8

Dallenbach, M. F., Bovier, P. A., and Desmeules, J. (2007). Detecting drug interactions using personal digital assistants in an out-patient clinic. *QJM International Journal of Medicine*, 100(11), 691–697. doi:10.1093/qjmed/hcm088

Darr, A., Harrison, M. I., Shakked, L., and Shalom, N. (2003). Physicians' and nurses' reaction to electronic medical records. *Journal of Health Organization and Management*, 17(5), 349–359. doi:10.1108/14777260310505129

Dash, M., Liu, H., and Yao, J. (1997). *Dimensionality reduction of unsupervised data*. CA: Newport Beach.

D'Astous, A. (2005). *Le projet de recherche en marketing*, Montréal, Canada. Éditions Chenelière Éducation.

Datamonitor. (2006). *US consumer healthcare IT spending forecast* (databook). Market Research.com.

Datta, R., Joshi, D., Li, J., and Wang, J. Z. (2008). Image retrieval: Ideas, influences, and trends of the new age. *ACM Transactions on Computing Surveys*, 40(2), 1–66.doi:10.1145/1348246.1348248

Datta, R., Li, J., and Wang, J. Z. (2005). Content-based image retrieval: approaches and trends of the new age, *Proceedings of the 7th ACM SIGMM international workshop on Multimedia information retrieval*, Hilton, Singapore, 253-262.

Datteri, R., Raicu, D. S., and Furst, J. D. (2008). *Texture analysis for pulmonary nodules interpretation and retrieval*. San Diego, CA: SPIE.

Davis, F. D., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982–1003. doi:10.1287/mnsc.35.8.982

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of Information Technology. *Management Information Systems Quarterly*, 13(3), 319–340. doi:10.2307/249008

Davis, R. (2008, June 30). High costs keep doctors from switching to electronic records. *USA TODAY*. Retrieved on June 30, 2008, from http://www.usatoday.com/news/health/2008-06-18

DeLone, W. H., and McLean, E. R. (1992). Information Systems success: The quest for the dependent variable. *Information Systems Research*, 3(1), 60–95. doi:10.1287/isre.3.1.60

Delone, W. H., and Mclean, E. R. (2002). Information Systems success revisited. *Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Department of Health and Human Services (HHS). (2004, July). *The decade of Information Technology: Delivering consumer-centric and information rich healthcare*. Washington DC: HHS.

Depeursinge, A., Iavindrasana, J., Cohen, G., Platon, A., Poletti, P. A., and Müller, H. (2008). Lung tissue classification in HRCT data integrating the clinical context, *21st IEEE Symposium on Computer Based Medical Systems* (CBMS 2008), Finland, 542-547.

Deselaers, T., Deserno, T. M., and Müller, H. (2008). Automatic medical image annotation in ImageCLEF 2007. Overview, results, and discussion. *Pattern Recognition Letters*, 29(15), 1988–1995. doi:10.1016/j.patrec.2008.03.001

Deselaers, T., and Deserno, T. M. (2009). Medical image annotation in ImageCLEF 2008. Evaluating systems for multilingual and multimodal information access. *LNCS*, 5706, 523–530.

Deselaers, T., Keysers, D., and Ney, H. (2008). Features for image retrieval: An experimental comparison. *Information Retrieval*, 11(22), 77–107. doi:10.1007/s10791-007-9039-3

Deselaers, T., Müller, H., Clough, P., Ney, H., and Lehmann, T. (2007). The CLEF 2005 Automatic Medical Image Annotation Task. *International Journal of Computer Vision*, 74(1), 51–58. doi:10.1007/s11263-006-0007-y

Deserno, T. M., Güld, M. O., Plodowski, B., Spitzer, K., Wein, B. B., and Schubert, H. (2008). Extended query refinement for medical image retrieval. *Journal of Digital Imaging*, 21(3), 280–289. doi:10.1007/s10278-007-9037-4

Deserno, T. M., Antani, S., and Long, L. R. (2007). Ontology of gaps in content-based image retrieval. *Journal of Digital Imaging*, 22(2), 202–215. doi:10.1007/s10278-007-9092-x

Deserno, T. M., Antani, S., and Long, R. (2007). Exploring access to scientific literature using content-based image retrieval, Medical Imaging 2007: PACS and Imaging Informatics. Edited by Horii, Steven C.; Andriole, Katherine P. *Proceedings of the SPIE*, 6516, 65160L-1-8.

Detterbeck, F. C. (2009). The new cancer staging system. *Chest*, 136, 260–271. doi:10.1378/chest.08-0978

Devaraj, S., and Kohli, R. (2003). Performance impacts of information technology: is actual usage the missing link? *Management Science*, 49(3), 273–289. doi:10.1287/mnsc.49.3.273.1273

Devaraj, S., and Kohli, R. (2000). Information Technology payoff in the health-care industry: A longitudinal study. *Journal of Management Information Systems*,16(4), 41–67.

Dhillon, H., and Forducey, P. G. (2006). Implementation and evaluation of Information Technology in telemedicine. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii

Dillman, D. A. (2000). *Mail and Internet surveys – The tailored design method* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.

DiMaggio, P., and Powell, W. (1983). The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American Journal of Sociology*, 48(2), 147–160. doi:10.2307/2095101

Doi, K. (2005). Current status and future potential of computer-aided diagnosis in medical imaging. *The British Journal of Radiology*, 78(1). doi:10.1259/bjr/82933343

Dolan, G., Iredale, R., Williams, R., and Ameen, J. (2004). Consumer use of the Internet for health information: A survey of primary care patients. *International Journal of Consumer Studies*, 28(2), 147–153. doi:10.1111/j.1470- 6431.2003.00363.x

Domeniconi, C., Gunopulos, D., Ma, S., Yan, B., Al- Razgan, M., and Papadopoulos, D. (2007). Locally adaptive metrics for clustering high dimensional data. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 14(1), 63–97. doi:10.1007/s10618-006-0060-8

Donabedian, A. (1966). Evaluating the quality of medical care. *The Milbank Quarterly*, 83(4), 691–729.doi:10.1111/j.1468-0009.2005.00397.x

Doolan, D. F., and Bates, D. W. (2002). Computerized physician order entry systems in hospitals: Mandates and incentives. *Health Affairs*, 21(4), 180–188. doi:10.1377/ hlthaff.21.4.180

Dorenfest, S. I. (2004a). *ITAA e-health: The healthcare Information Technology spending outlook with Sheldon I. Dorenfest*. Information Technology Association of America.

Dorenfest, S. I. (2004b). *Technology spending is growing rapidly*. Retrieved March 13, 2007, from www.dorenfest.com/pressrelease_feb2004.pdf

Dori, D. (2000). Cognitive Image Retrieval, *Proceedings of ICPR*, Barcelona, Spain, 42-45.

Dumitru, R. C., Bürkle, T., and Potapov, S. (2007). Use and perception of Internet for health related purposes in Germany: Results of a national survey. *International Journal of Public Health*, 52(5), 275–285. doi:10.1007/s00038-007-6067-0

Dünnebeil, S., Sunyaev, A., Blohm, I., Leimeister, J. M., and Kermar, H. (2010). *Do German physicians want electronic health services? A characterization of potential adopters and rejecters in German ambulatory care*. Third International Conference on Health Informatics (HealthInf 2010), January 20-23, Valencia, Spain.

Dykes, P. (2006). *The impact of health Information Technology on the role of nurses & interdisciplinary communication final results/ findings - Survey result* (3/1/2006). Healthcare Information and Management Systems Society Analytics, LLC, Chicago, IL. Retrieved February 27, 2007, from http://www.himss.org/ASP/ContentRedirector.asp?ContentID=65652

Ebell, M. H., Gaspar, D. L., and Khurana, S. (1997). Family physicians' preference for computerized decision-support hardware and software. *The Journal of Family Practice*, 45(2), 127–128.

Economides, N., and Katsamakas, E. (2006). Two-sided competition of proprietary vs. open source technology platforms and the implications for the software industry. *Management Science*, 52(7), 1057–1071. doi:10.1287/ mnsc.1060.0549

Efthimiadis, E. N., Hammond, K. W., Laundry, R., and Thielke, S. M. (2010). Developing an EMR simulator to assess users' perception of document quality. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532–550.

El-Naqa, I., Yang, Y., Galatsanos, N. P., Nishikawa, R. M., and Wernick, M. N. (2004). A similarity learning approach to content-based image retrieval: Application to digital mammography. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 23, 1233–1244. doi:10.1109/TMI.2004.834601

English, R., and Schweik, C. (2007). *Identifying success and tragedy of FLOSS commons: A preliminary classification of Sourceforge.net projects*. In IEEE International Conference on Software Engineering, Minneapolis, Minnesota.

Enser, P. G. B. (1995). Progress in Documentation: Pictorial Information Retrieval. *The Journal of Documentation*, 51(2), 126–170. doi:10.1108/eb026946

ESRI. (2010). *ArcGIS*.

Ettlie, J. E. (1980). Adequacy of stage models for decisions on adoption of innovation. *Psychological Reports*, 46, 991–995.

Fan, J., Gao, Y., Luo, H., and Jain, R. (2008). Mining multilevel image semantics via hierarchical classification. *IEEE Transactions on Multimedia*, 10(2), 167–187. doi:10.1109/TMM.2007.911775

Fang, Y., and Neufeld, D. (2009). Understanding sustained participation in open source software projects. *Journal of Management Information Systems*, 25(4), 9–50.doi:10.2753/MIS0742-1222250401

Feinberg, D. A., Giese, D., Bongers, D. A., Ramanna, S., Zaitsev, M., Markl, M., and Günther, M. (2010). Hybrid ultrasound MRI for improved cardiac imaging and realtime respiration control. *Magnetic Resonance in Medicine*, 63(2), 290–296. doi:10.1002/mrm.22250

Ferreira, C. D., Torres, R. S., Gonçalves, M. A., and Fan, W. (2008). *Image retrieval with relevance feedback based on genetic programming*. Paper presented at the XXIV Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, Campinas, SP.

Ferreira, M. R. P., Ponciano da Silva, M., Traina, A. J. M., Traina, C., Jr., Amo, S. A. d., Pereira, F. S. F., et al. (2010). *Integrating user preference to similarity queries over medical images datasets*. Paper presented at the International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2010), Perth, Australia.

Ferreira, M. R. P., Traina, A. J. M., Dias, I., Chbeir, R., and Traina, C., Jr. (2009). *Identifying algebraic properties to support optimization of unary*

similarity queries. Paper presented at the The III Alberto Mendelzon International Workshop on Foundations of Data Management, Arequipa, Peru.

Fichman, R. G., and Kemerer, C. F. (1997). The assimilation of software process innovations: An organizational learning perspective. *Management Science*, 43(10), 1345–1363. doi:10.1287/mnsc.43.10.1345

Fichman, R. G., and Kemerer, C. F. (1999). The illusory diffusion of innovation: An examination of assimilation gaps. *Information Systems Research*, 10(3), 255–275.doi:10.1287/isre.10.3.255

Field, A. (2005). *Discovering statistics using SPSS*. Thousand Oaks, CA: Sage Publishing.

Finneran, C. M., and Zhang, P. (2003). A person-artifact-task (PAT) model of flow antecedents in computer-mediated environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59, 475–496. doi:10.1016/S1071-5819(03)00112-5

Fiol, C. M., and O'Connor, E. J. (2006). Stuff Matters: Artifacts, Identity and Legitimacy in the US Medical Profession. In Rafaeli, A., and Pratt, M. (Eds.), *Artifacts and Organizations: Beyond Mere Symbolism* (pp. 241–257). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Firth, D. R. (2001). The organizing vision for customer relationship management. *Proceedings of the 7th Americas Conference on Information Systems* (AMCIS), (pp.834-840).

Fischer, S., Stewart, T., Mehta, S., Wax, R., and Lapinsky, S. E. (2003). Handheld computing in medicine. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 10(2), 139–149. doi:10.1197/jamia.M1180

Fishbein, M., and Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Fitch, C. J. (2004). Information Systems in healthcare: Mind the gap. *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Science*, Hawaii.

Fitterer, R., Rohner, P., Mettler, T., and Winter, R. (2010). *A taxonomy for multi-perspective ex-ante evaluation of the value of complimentary health Information Systems– Applying the unified theory of acceptance and use of technology*. Hawaiian International Conference on System Sciences, January 5-8, 2010. Koloa, Hawaii.

Fitzhenry, F., Salmon, J. W., and Reichelt, P. A. (2000). Adopting knowledge technology to manage care: issues and status of physician use. *Journal of Managed Care Pharmacy*, 6(1), 35–41.

Flegel, K. (2008). Getting to the electronic medical record. *Canadian Medical Association Journal*, 178(5).doi:10.1503/cmaj.080139

Fleiss, J. (1981). *Statistical methods for rates and proportions*. Wiley.

Flower, J. (2006). Imagining the future of healthcare. *Physician Executive*, 32(1), 64–66.

Fonkych, K., and Taylor, R. (2005). *The state and pattern of health Information Technology adoption*. Santa Monica, CA: RAND.

Fornell, C., and Larcker, D. (1981). Evaluation structural equation models with unobservable variables and measurement error. *JMR, Journal of Marketing Research*, 18(February), 39–50. doi:10.2307/3151312

Fox, N. J., Ward, K. J., and O'Rourke, A. J. (2005). The 'expert patient': empowerment or medical dominance? The case of weight loss, pharmaceutical drugs and the Internet. *Social Science & Medicine*, 60(6), 1299–1309. doi:10.1016/ j.socscimed.2004.07.005

Frangi, A. F., Niessen, W. J., Nederkoorn, P. J., Bakker, J., Mali, W. P., and Viergever, M. A. (2001). Quantitative analysis of vascular morphology from 3D MR angiograms: In vitro and in vivo results. *Magnetic Resonance in Medicine*, 45(2), 311–322. doi:10.1002/1522-2594(200102)45:2<311::AID-MRM1040>3.0.CO;2-7

Frank, E., and Hall, M. (2001). *A simple approach to ordinal classification*. 12th European Conference on Machine Learning (pp. 145-156). Freiburg, Germany: Springer.

From clipboards to keyboard (2007, May 19). *The Economist*, pp. 68-69.

Fronkych, K., and Taylor, R. (2005). The state and pattern of health information technology adoption, *The Rand Corporation Monograph*. Retrieved February 4, 2008 from http://www.rand.org/pubs/monographs/MG409/

Fruhling, A. L. (2010). E-health rural consumers' characteristics and challenges. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii

Fruhling, A., Tyser, K., and De Vreede, G.-J. (2005). Experiences with extreme programming in tele-health:Developing and implementing a biosecurity healthcare application. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Fu, H. C., Xu, Y. Y., and Pao, H. T. (2008). Multimodal search for effective image retrieval. *Proceedings of the IEEE Conference on Systems, Signals, and Image Processing*, (pp. 233-236).

Fulk, J., Steinfield, C. W., Schmitz, J., and Power, J. G. (1987). A social information processing model of media use in organizations. *Communication Research*, 14, 529–552. doi:10.1177/009365087014005005

Gaba, D. (2000). Structural and organizational issues in patient safety: A comparison of healthcare to other high-hazard industries. *California Management Review*, 43(1), 83–102.

Gadd, C. S., and Penrod, L. E. (2000). Dichotomy between physicians' and patients' attitudes regarding EMR use during outpatient encounters. *Proceedings of the American Medical Informatics Association Symposium*, (pp. 275-9).

Gadd, C. S., and Penrod, L. E. (2001) Assessing physician attitudes regarding use of an outpatient EMR: a longitudinal, multi-practice study. *Proceedings of the American Medical Informatics Association Symposium*, 194-8.

Gagnon, M.-P., Godin, G., Gagne, C., Fortin, J.-P., Lamothe, L., and Reinharz, D. (2003). An adaptation of the theory of interpersonal behaviour to the study of telemedicine adoption by physicians. *International Journal of Medical Informatics*, 71(2-3), 103–115. doi:10.1016/S1386-5056(03)00094-7

Gagnon, M.-P., Lamothe, L., Fortin, J.-P., Cloutier, A., Godin, G., Gagné, C., and Reinharz, D. (2004). The impact of organizational characteristics on tele-health adoption by hospitals. *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Gans, D., Kralewski, J., Hammons, T., and Dowd, B. (2005). Medical groups' adoption of electronic health records and information systems. *Health Affairs (Project Hope)*, 24(5),1323–1333. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1323

Gatrell, A. (2002). *Geographies of health*. Malden, MA: Blackwell.

General, O. o. I. (1988). *National DRG validation study-Unnecessary admissions to hospitals*.

Gerbing, D. W., and Andersen, J. G. (1988). An updated paradigm for scale development incorporating unidimensionality and its assessment. *JMR, Journal of Marketing Research*, 25(May), 186–192. doi:10.2307/3172650

Getis, A., and Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 24, 189–207. doi:10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x

Ghani, J. A., and Deshpande, S. P. (1994). Task characteristics and the experience of optimal flow in human–computer interaction. *The Journal of Psychology*, 128(4), 381–391.doi:10.1080/00223980.1994.9712742

Ghani, J. (1991). Flow in human computer interactions: Test of a model. In Carey, J. (Ed.), *Human factors in Information Systems: Emerging theoretical bases*. NewJersey: Ablex Publishing Corp.

Giger, M. L., Doi, K., MacMahon, H., Metz, C. E., and Yin, F. F. (1990). Pulmonary nodules: Computer-aided detection in digital chest images. *Radiographics*, 10, 861–865.

Giger, M. L., Huo, Z., Vyborny, C. J., Lan, L., Bonta, I. R., and Horsch, K. (2002). *Intelligent CAD workstation for breast imaging using similarity to known lesions and multiple visual prompt aids* (pp. 768–773). San Diego: SPIE.

Giustini, D. (2006). How Web 2.0 is changing medicine. *British Medical Journal*, 333, 1283–1284. doi:10.1136/bmj.39062.555405.80

Glaser, B. G., and Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory*. Chicago, IL: Aldine.

Goh, J. M., and Agarwal, R. (2008). Taking charge of your health: The drivers of enrollment and continued participation in online health intervention programs. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Goldner, M. (2006). Using the Internet and email for health purposes: The impact of health status. *Social Science Quarterly*, 87(3), 690–710. doi:10.1111/j.1540-6237.2006.00404.x

Goolsby, K. (2003). Outsourcing to rid healthcare's pain. Retrieved from www.outsourcing-analyst.com

Goovaerts, P., and Jacquez, G. M. (2004). Accounting for regional background and population size in the detection of spatial clusters and outliers using geostatistical filtering and spatial neutral models: The case of lung cancer in Long Island, New York. *International Journal of Health Geographics*, 3(1), 14. doi:10.1186/1476-072X-3-14

Goulde, M., and Brown, E. (2006). *Open source software: A primer for healthcare leaders*. Forrester Consulting.

Government Accountability Office (GAO). (2003, October). *Information Technology: Benefits realized for selective health care functions* (Tech. Rep. No. GAO-04-224). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

Government Accountability Office (GAO). (2005, February). *21st century challenges: Reexamining the base of the federal government*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

Government Accountability Office (GAO). (2005, May). *Health Information Technology: HHS is taking steps to develop a national strategy*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

Grasso, B., and Genest, R. (2001). Clinical computing: Use of a personal digital assistant in reducing medication error rates. *Psychiatric Services* (Washington, D.C.), 52(7), 883–886. doi:10.1176/appi.ps.52.7.883

Greenfield, S., and Kaplan, S. H. (2004). Creating a culture of quality: The remarkable transformation of the department of veterans affairs health care system. *Annals of Internal Medicine*, 141(4), 316–318.

Gregorio, D. I., Kulldorff, M., Barry, L., Samocuik, H., and Zarfos, K. (2001). Geographical differences in primary therapy for early-stage breast cancer. *Annals of Surgical Oncology*, 8, 844–849. doi:10.1007/s10434-001-0844-4

Gribben, H., Miller, P., Hanna, G. G., Carson, K. J., and Hounsell, A. R. (2009). MAP-MRF segmentation of lung tumours in PET/CT images. *Proceedings of the Sixth IEEE International Conference on Biomedical Imaging: From Nano to Macro*, (pp. 290–293).

Groves, B. (2007). *Physicians find cost a barrier to digitizing records*. EmpowerMed – EMRinsight. Retrieved August 24, 2008, from http://emradvice.wordpress.com/2007/02/14/physicians-find-cost-a-barrier-todigitizing-records/

Guadagnino, D. F. (2005). Growth of electronic medical records. *Physician's News Digest*. Retrieved August 18, 2008, from http://www.physiciansnews.com/cover/505.html

Güld, M. O., Thies, C., Fischer, B., and Lehmann, T. M. (2007). A generic concept for the implementation of medical image retrieval systems. *International Journal of Medical Informatics*, 76(2-3), 252–259. doi:10.1016/j.ijmedinf.2006.02.011

Guliato, D., Melo, E. V. d., Rangayyan, R. M., and Soares, R. C. (2009). PostgreSQL-IE: An image-handling extension for PostgreSQL. *Journal of Digital Imaging*, 22(2), 149–165. doi:10.1007/s10278-007-9097-5

Gur, D., Zheng, B., Fuhrman, C. R., and Hardesty, L. (2004). On the testing and reporting of computer-aided detection results for lung cancer detection. *Radiology*, 232, 5–6.doi:10.1148/radiol.2321032014

Guttman, A. (1984). *R-Tree: A dynamic index structure for spatial searching*. Paper presented at the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data,Boston, MA.

Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatum, R. L., and Black, W. C. (1998). *Multivariate data analysis* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., and Tatum, R. L. (2006). *Multivariate data analysis* (6th ed.).Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc.

Han, S., Harkke, V., Mustonen, P., Seppänen, M., and Kallio, M. (2005). Understanding physician acceptance of mobile technology: Insights from two telephone interviews in Finland. *International Journal of Electronic Healthcare*, 1(4), 380–395. doi:10.1504/IJEH.2005.006686

Han, S., Mustonen, P., Seppänen, M., and Kallio, M. (2006). Physician's acceptance of mobile communication technology: An exploratory study. *International Journal of Mobile Communications*, 4(2), 210–230.

Han, S., Harkke, V., Mustonen, P., Seppänen, M., and Kallio, M. (2004a). Mobilizing medical information and knowledge: some insights from a survey. In *Proceedings of the 12th European Conference on Information Systems* (ECIS), Turku, Finland.

Han, S., Mustonen, P., Seppänen, M., and Kallio, M. (2004b). Physicians' behaviour intentions regarding the use of mobile technology: An exploratory study. *Proceedings of the 8th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS)*, Shanghai, China, (pp. 624-637).

Handy, J., Whiddett, R., and Hunter, I. (2001). A technology acceptance model for inter-organizational electronic medical records systems. *AJIS*, 9(1), 39–50.

Hare, J. S., Sinclair, P. A. S., Lewis, P. H., Martinez, K., Enser, P. G. B., and Sandom, C. J. (2006). *Bridging the semantic gap in multimedia information retrieval: top-down and bottom-up approaches*. 3rd European Semantic Web Conference (ESWC-06) (pp. 1-15). Budva, Montenegro: Springer Verlag.

Harle, C., Downs, J., and Padman, R. (2009). Design, implementation, and preliminary evaluation of a Web-based health risk calculator. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Harris Interactive. (2007). *Harris Poll #76*. July 31, http://www.harrisinteractive.com/harris_poll/index.asp?PID=792.

Harrison, J., and Sexton, C. (2004). *The paradox of the not-for-profit hospital. The Health Care Manager*, 23(3),192–204.

Hartswood, M., Procter, R., Slack, R., Voß, A., Büscher, M., Rouncefield, M., and Rouchy, P. (2002). Co-realisation: Towards a principled synthesis of ethnomethodology and participatory design. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 14(2), 19–30.

Hartzband, P., and Groopman, J. (2008). Off the record--avoiding the pitfalls of going electronic. *The New England Journal of Medicine*, 358(16), 1656–1658. doi:10.1056/NEJMp0802221

Hasman, A., Haux, R., and Albert, A. (1996). A systematic view on medical informatics. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 51(3), 131–139. doi:10.1016/S0169-2607(96)01769-5

Hastite, T. J., and Tibshirani, R. J. (1991). *Generalized additive models*. New York, NY: Chapman and Hall.

Hauptmann, A. G., Yan, R., and Lin, W.-H. (2007). *How many high-level concepts will fill the semantic gap in news video retrieval?* Paper presented at the 6th ACM International Conference on Image and Video Retrieval (CIVR), Amsterdam, The Netherlands.

Haux, R. (1989). On medical informatics. *Methods of Information in Medicine*, 28(2), 66–68.

Haux, R. (2002a). Healthcare in the information society: What should be the role of medical informatics? *Methods of Information in Medicine*, 41(1), 31–35.

Haux, R. (2006). Health Information Systems past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 75(3-4), 268–281. doi:10.1016/j.ijmedinf.2005.08.002

Haux, R. (2010). Medical informatics: Past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 79(9), 599–610. doi:10.1016/j.ijmedinf. 2010.06.003

Haux, R., Ammenwerth, E., Herzog, W., and Knaup, P. (2002b). Health care in the information society. A prognosis for the year 2013. *International Journal of Medical Informatics*, 66(1-3), 3–21. doi:10.1016/S1386-5056(02)00030-8

Haux, R. (2006). Health information systems - past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 75(3-4), 268–281. doi:10.1016/j.ijmedinf.2005.08.002

Havenstein, H. (2006, June 12). Costs slow adoption of e-health record systems. *Computerworld*.

Hayden, E. (2005). Nonprofit hospitals face structural as well as financial challenges: Lessons from Massachusetts. *Hospital Topics*, 83(3), 2–7. doi:10.3200/HTPS.83.3.2-8

He, H., and Garcia, E. A. (2009). Learning from imbalanced data. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 21(9), 1263–1284. doi:10.1109/TKDE.2008.239

Health and Human Services (HHS). (2008). Retrieved May 14, 2008, from www.hhs.gov/healthit

Health e-station. (2006). Retrieved from http://www.healthestation.com/

Health IT Strategic Framework. (2004), Office for the National Coordinator for Health Information Technology. *United States Department of Health and Human Services*. Retrieved February 4, 2008 from http://www.hhs.gov/ healthit/ preface.html

Heath, M., Bowyer, K., Kopans, D., Moore, R., and Kegelmeyer, W. (2001). *The digital database for screening mammography*. Fifth International Workshop on Digital Mammography, (pp. 212-218).

Heesch, D. (2008). A survey of browsing models for content based image retrieval. *Multimedia Tools and Applications*, 40, 261–284. doi:10.1007/s11042-008-0207-2

Henderson, C. K. (1965). The dispensing trilemma.*The American Journal of Nursing*, 65(12), 58–62.doi:10.2307/3419689

Henkel, J. (2006). Selective revealing in open innovation processes: The case of embedded Linux. *Research Policy*, 35(7), 953–969. doi:10.1016/j.respol. 2006.04.010

Henwood, F., Wyatt, S., Hart, A., and Smith, J. (2003). Ignorance is bliss sometimes: constraints on the emergence of the 'informed patient' in the changing landscapes of health information. *Sociology of Health & Illness*, 25(6),589–607. doi:10.1111/1467-9566.00360

Herrero, R., Schiffman, M. H., Bratti, C., Hildesheim, A., Balmaceda, I., and Sherman, M. E. (1997). Design and methods of a population-based natural history study of cervical neoplasia in a rural province of Costa Rica: The Guanacaste Project. *Pan American Journal of Public Health*, 1(5), 362–375. doi:10.1590/S1020-49891997000500005

Hersh, W. R., Jensen, J. R., and Müller, H. (2005). A Qualitative Task Analysis of Biomedical Image Use and Retrieval, *International Workshop on Image and Video Retrieval Evaluation*, Vienna.

Hersh, W. R., Müller, H., Jensen, J. R., Yang, J., Gorman, P. N., and Ruch, P. (2006). Advancing Biomedical Image Retrieval: Development and Analysis of a Test Collection. *Journal of the American Medical Informatics Association*: JAMIA. Oct, 13(5), 488-496.

Hersh, W., Kalpathy-Cramer, J., and Jensen, J. (2006). *Medical Image Retrieval and Automated Annotation: OHSU at ImageCLEF 2006*. Springer Lecture Notes in Computer Science, 660-669.

Hesse, B. W., Nelson, D. E., and Kreps, G. L. (2005). Trust and sources of health information: the impact of the Internet and its implications for health care providers. Findings from the first Health Information National Trends Survey. *Archives of Internal Medicine*, 165(22),2618–2624. doi:10.1001/archinte.165.22.2618

Hevner, A., March, S., Park, J., and Ram, S. (2004). Design science in Information Systems research. *Management Information Systems Quarterly*, 28(1), 75–105.

Hibbard, J. H., Greenlick, M., and Jimison, H. (1999). Prevalence and predictors of the use of self-care resources. *Evaluation & the Health Professions*, 22(1), 107–122. doi:10.1177/01632789922034194

Higgins, J. M., and McAllaster, C. (2003). If you want strategic change, don't forget to change your cultural artifacts. *Journal of Change Management*, 4(1), 63–73. doi:10.1080/1469701032000154926

Hillestad, R., Bigelow, J., Bower, A., Girosi, F., Meili, R., and Scoville, R. (2005). Can electronic medical record systems transform health care? potential health benefits, savings, and costs. *Health Affairs (Project Hope)*, 24(5), 1103–1117. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1103

Hing, E. S., Burt, C. W., and Woodwell, D. A. (2007). Electronic medical record use by office-based physicians and their practices: United states, 2006. *Advance Data*, (393)(393), 1-7.

Hjalmars, U., Kulldorff, M., Gustafsson, G., and Nagarwalla, N. (1996). Childhood leukaemia in Sweden: Using GIS and a spatial scan statistic for cluster detection. *Statistics in Medicine*, 15, 707–715. doi:10.1002/(SICI)1097-0258(19960415)15:7/9<707::AID-SIM242>3.0.CO;2-4

Hodgson, G. (1993). Institutional economics: surveying the 'old' and the 'new'. *Metroeconomica*, 44(1), 1–28.doi:10.1111/j.1467-999X.1993.tb00786.x

Hoffman, D., and Novak, T. (1996). Marketing in hypermedia computer-mediated environments: Conceptual foundations. *Journal of Marketing*, 60, 50–68. doi:10.2307/1251841

Hoffman, D., and Novak, T. (1997). A new marketing paradigm for electronic commerce. *The Information Society*, 13, 43–54. doi:10.1080/019722497129278

Hofstede, G. (1980). *Culture's consequences: International differences in work-related values. Cross Cultural Research and Methodological Series*. Beverly Hills, CA: Sage.

Hogg, R., and Ledolter, J. (1987). *Engineering statistics*. New York, NY: MacMillan.

Holden, R. J. (2010). Physicians' beliefs about using EMR and CPOE: In pursuit of a contextualized understanding of Health IT use behavior. *International Journal of Medical Informatics*, 79, 71–80. doi:10.1016/j.ijmedinf.2009.12.003

Honeybourne, C., Suttont, S., and Ward, L. (2006). Knowledge in the palm of your hands: PDAs in the clinical setting. *Health Information and Libraries Journal*, 23, 51–59. doi:10.1111/j.1471-1842.2006.00621.x

Horan, T. A., Tulu, B., Hilton, B., and Burton, J. (2004). Use of online systems in clinical medical assessments: An analysis of physician acceptance of online disability evaluation systems. *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Horsthemke, W. H., Raicu, D. S., and Furst, J. D. (2009). *Characterizing pulmonary nodule shape using a boundary- region approach*. Orlando, FL: SPIE.

Horsthemke, W. H., Raicu, D. S., and Furst, J. D. (2009). Evaluation challenges for bridging semantic gap: Shape disagreements in the LIDC. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 17–33. doi:10.4018/jhisi.2009010102

Houle, M. E., Kriegel, H.-P., Kröger, P., Schubert, E., and Zimek, A. (2009). *Can shared-neighbor distances defeat the curse of dimensionality?* Paper presented at the Scientific and Statistical Database Management (SSDBM), Heidelberg, Germany.

Howard, M. S., Davis, B. A., Anderson, C., Cherry, D., Koller, P., and Shelton, D. (2008). Patients' perspective on choosing the emergency department for nonurgent medical care: A qualitative study exploring one reason for overcrowding. *Journal of Emergency Nursing: JEN*, 31(5), 429–435. doi:10.1016/j.jen.2005.06.023

Hsiung, R. C. (2000). The best of both worlds: An online self-help group hosted by a mental health professional. *Cyberpsychology & Behavior*, 3(6), 935–950. doi:10.1089/109493100452200

Hsu, W., Antani, S. K., and Long, L. R. (2007). SPIRS: A framework for content-based image retrieval from large biomedical databases. *Proceedings of MedInfo*, 12(1), 188–192.

Hu, S., Hoffman, E. A., and Reinhardt, J. M. (2001). Automatic lung segmentation for accurate quantitation of volumetric X-ray CT images.

IEEE Transactions on Medical Imaging, 20(6), 490–498. doi:10.1109/42.929615

Hu, P. J.-H., Chau, P. Y. K., and Sheng, O. R. L. (1999). Adoption of telemedicine technology by healthcare organizations: an exploratory study. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 12(3), 197–221. doi:10.1207/S15327744JOCE1203_01

Hu, P. J., Chau, P. Y. K., and Sheng, O. R. L. (2002). Adoption of telemedicine technology by healthcare organizations: An exploratory study. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 12(3), 197–221. doi:10.1207/ S15327744JOCE1203_01

Hu, P. J., Liu Sheng, P. Y. K., and Tam, K. Y. (1999). Examining the technology acceptance model using physician acceptance of telemedicine technology. *Journal of Management Information Systems*, 16(2), 91–112.

Huang, L., Tiwari, R., Pickle, L., and Zou, Z. (2009). Covariate adjusted weighted normal spatial scan statistics with applications to study geographic clustering of obesity and lung cancer mortality in the United States. *Statistics in Medicine*, 29, 2410–2422.

Huiskes, M. J., Thomee, B., and Lew, M. S. (2010). *New trends and ideas in visual concept detection: The MIR Flickr retrieval evaluation initiative*. Paper presented at the ACM International Conference on Multimedia Information Retrieval, Philadelphia, PA.

Huo, Z., Giger, M. L., Vyborny, C. J., Bick, U., Lu, P., and Wolverton, D. E. (1995). Analysis of spiculation in the computerized classification of mammographic masses. *Medical Physics*, 22(10). doi:10.1118/1.597626

Hyvärinen, A., and Oja, E. (2000). Independent component analysis: algorithms and applications. *Neural Networks*, 13(4-5), 411–430. doi:10.1016/S0893-6080(00)00026-5

iHealthBeat. (2005). *Study: Barriers to EMR adoption remain*. California Healthcare Foundation, April 19.

Ilie, V., Courtney, J., and Van Slyke, C. (2007). Paper versus electronic: Challenges associated with physicians' usage of electronic medical records. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Institute of Medicine (IOM). (2001). *Crossing the quality chasm: The IOM healthcare quality initiative*. Washington, DC: The National Academies Press.

Institute of Medicine. (1997). *The Computer-based Patient Record: An Essential Technology for HealthCare*. National Academy Press.

Jaana, M., Paré, G., and Sicotte, C. (2009). IT capacities assessment tool: A survey of hospitals in Canada. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Jacob, D. (2003). *Adaptation of an instrument to measure attitudes toward the implementation of an electronic medical record*. Thesis, Oregon Health & Science University, School of Medicine.

Jacquez, G. M., and Greiling, D. A. (2003). Local clustering in breast, lung and colorectal cancer in Long Island, New York. *International Journal of Health Geographics*, 2.

Janamanchi, B., Katsamakas, E., Raghupathi, W., and Gao, W. (2009). State and profile of open source software projects in health and medical informatics. *International Journal of Medical Informatics*, 78(7), 457–472. doi:10.1016/j. ijmedinf.2009.02.006

Jebara, T., and Jaakola, T. (2000). *Feature selection and dualities in maximum entropy discrimination*. Paper presented at the The Sixteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence - UAI-2000, Stanford, CA.

Jensen, T. B., and Aanestad, M. (2007). Hospitality and hostility in hospitals: a case study of an EPR adoption among surgeons. *European Journal of Information Systems*, 16(6), 672–680. doi:10.1057/palgrave.ejis.3000713

Jeppesen, L. B., and Frederiksen, L. (2006). Why do users contribute to firm-hosted user communities? The case of computer-controlled music instruments. *Organization Science*, 17(1), 45–63. doi:10.1287/orsc.1050.0156

Jeyaraj, A., Rottman, J., and Lacity, M. (2006). A Review of the Predictors, Linkages, and Biases in IT Innovation Adoption Research. *Journal of Information Technology*, 21(1), 1–23. doi:10.1057/palgrave.jit.2000056

Jha, A. K., Perlin, J. B., Kizer, K. W., and Dudley, R. A. (2003). Effect of the transformation of the veterans affairs health care system on the quality

of care. *The New England Journal of Medicine*, 348(22), 2218–2227. doi:10.1056/ NEJMsa021899

Jha, A., DesRoches, C., Campbell, E., Donelan, K., Rao, S., and Ferris, T. (2009). Use of electronic health records in U.S. gospitals. *The New England Journal of Medicine*, 360, 1628–1638. doi:10.1056/NEJMsa0900592

Jirapatnaku, A. C., Fotin, S. V., Reeves, A. P., Biancardi, A. M., Yankelevits, D. F., and Henschke, C. I. (2009). *Automated nodule location and size estimation using a multi-scale Laplacian of Gaussian filtering approach. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 1028–1031). Minneapolis, MN: IEEE.

Johnston, D., Pan, E., and Middleton, B. (2002). *Finding the value in healthcare Information Technologies*. Boston, MA: Center for IT Leadership, Partners HealthCare.

Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis* (2nd ed.). Springer.

Joos, D., Chen, Q., Jirjis, J., and Johnson, K. B. (2006). An electronic medical record in primary care: Impact on satisfaction, work efficiency, and clinical processes. *AMIA Symposium Proceedings*, 394-398.

Jung, B. (2005). *DICOM-X — Seamless integration of medical images into the EHR*. Paper presented at the 18th IEEE Symposium Computer-Based Medical Systems (CBMS), Dublin, Ireland.

Kahn, C. E., Channin, D. S., and Rubin, D. L. (2006). An ontology for PACS integration. *Journal of Digital Imaging*, 19(4), 316–327. doi:10.1007/s10278-006-0627-3

Kalichman, S. C., Benotsch, E. G., and Weinhardt, L. S. (2002). Internet use among people living with HIV/AIDS: Association of health information, health behaviors, and health status. *AIDS Education and Prevention*, 14(1), 51–61. doi:10.1521/aeap.14.1.51.24335

Kalpathy-Cramer, J., and Hersh, W. (2007). Automatic image modality based classification and annotation to improve medical image retrieval. *Medinfo*, 12(Pt 2), 1334–1338.

Kankanhalli, M. S., and Rui, Y. (2008). Application potential of multimedia information retrieval. *Proceedings of the IEEE*, 96(4), 712–720. doi:10.1109/ JPROC.2008.916383

Kantor, G. S., Wilson, W. D., and Midgley, A. (2003). Open-source software and the primary care EMR. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 616.doi:10.1197/jamia.M1403

Karahanna, E., Agarwal, R., and Angst, C. M. (2006). Reconceptualizing compatibility beliefs. *Management Information Systems Quarterly*, 30(4), 781–804.

Karahanna, E., Straub, D. W., and Chervany, N. L. (1999). Information Technology adoption across time: A crosssectional comparison of pre-adoption and post-adoption beliefs. *Management Information Systems Quarterly*, 23(2), 183–213. doi:10.2307/249751

Karahanna, E., Agarwal, R., and Angst, C. M. (2006). Reconceptualizing compatibility beliefs in technology acceptance research. *Management Information Systems Quarterly*, 30(4), 781–804.

Karahanna, E., Straub, D. W., and Chervany, N. L. (1999). Information Technology adoption across time: A crosssectional comparison of pre-adoption and post-adoption beliefs. *Management Information Systems Quarterly*, 23(2), 183–213. doi:10.2307/249751

Kaster, D. d. S., Bugatti, P. H., Traina, A. J. M., and Traina, C., Jr. (2010). FMI-SiR: A flexible and efficient module for similarity searching on Oracle database. *Journal of Information and Data Management - JIDM*, 1(2), 229-244

Kaster, D. S., Bueno, R., Bugatti, P. H., Traina, A. J. M., and Traina, C., Jr. (2009). *Incorporating metric access methods for similarity searching on Oracle database*. Paper presented at the 24º Simpósio Brasileiro de Bases de Dados (SBBD´09), Applications and Experiences Track, Fortaleza, CE.

Katayama, N., and Satoh, S. (2001). *Distinctivenesssensitive nearest-neighbor search for efficient similarity retrieval of multimedia information*. Paper presented at the IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE), Heidelberg, Germany.

Katsamakas, E., and Georgantzas, N. (2007). Why most open source development projects do not succeed? In *Proceedings of IEEE International Conference on Software Engineering*, Minneapolis, Minnesota.

Kaushal, R., Bates, D., Jenter, C., Mills, S., Volk, B. E., Tripathi, M., and Simon, S. (2009). Imminent adopters of electronic health records in ambulatory care. *Informatics in Primary Care*, 17, 7–15.

Kempf, D. S., and Smith, R. E. (1998). Consumer processing of product trial and the influence of prior advertising: A structural modeling approach. *JMR, Journal of Marketing Research*, 35(3), 325–338. doi:10.2307/3152031

Kerlinger, F. N., and Lee, H. B. (2000). *Foundations of behavioural research* (4th ed.). Harcourt College Publishers.

Kerr, E. A., McGlynn, E., Adams, J., Keesey, J., and Asch, S. M. (2004). Profiling the quality of care in communities: Results from the community quality index study. *Health Affairs*, 23(3), 247–256. doi:10.1377/hlthaff.23.3.247

Khoumbati, K., Themistocleous, M., and Irani, Z. (2005). Integration technology adoption in healthcare organisations: A case for enterprise application integration. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Khuspe, S. (2004). *Effects of staffing and expenditure variables on after surgery patient safety in Florida hospitals*. University of South Florida.

Kienle, P. (1997). Consolidating of pharmacy department in a regional health system. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 54, 1076–1079.

Kifle, M., Mbarika, V. W. A., Tsuma, C., Wilkerson, D., and Tan, J. (2008). A telemedicine transfer model for Sub-Saharan Africa. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Kijl, B., and Nieuwenhuis, B. (2010). Deploying a telerehabilitation service innovation: An early stage business model engineering approach. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Kim, J., Cai, W., and Feng, D. (2009). Bridging the feature gaps for retrieval of multi-dimensional images. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 4(1), 34–46. doi:10.4018/jhisi.2009010103

Kim, J., Cai, W., Feng, D., and Wu, H. (2006). A new way for multidimensional medical data management: volume of interest (VOI)-based retrieval of medical images with visual and functional features. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 10(3), 598–607. doi:10.1109/TITB.2006.872045

Kim, Y., Glover, S., Stoskopf, C., and Boyd, S. (2002). The relationship between bed size and profitability in South Carolina hospitals. *Journal of Health Care Finance*, 29(2), 53–63.

Kim, J., Constantinescu, L., Cai, W., and Feng, D. (2007a). *Content-based dual-modality biomedical data retrieval using co-aligned functional and anatomical features*. MICCAI Workshop on Content-based Image Retrieval for Biomedical Image Archives, (pp. 45-52).

Kim, J., Wen, L., Eberl, S., Fulton, R., and Feng, D. (2007b). Use of anatomical priors in the segmentation of PET lung tumour images. *Proceedings of IEEE Medical Imaging Conference*, (pp. 4242-4245).

Kinoshita, S. K., and Azevedo-Marques, P. M. d. Jr, R. R. P., Rodrigues, J. A. H., and Rangayyan, R. M. (2007). Content-based retrieval of mammograms using visual features related to breast density patterns. *Journal of Digital Imaging*, 20(2), 172–190. doi:10.1007/s10278-007-9004-0

Kirshner, M., Salomon, H., and Chin, H. (2004). An evaluation of one-on-one advanced proficiency training in clinicians'use of computer information systems. *International Journal of Medical Informatics*, 73(4), 341–348.

Kiura, S. M. (2006). Project establishment in the context of participatory design: Experience from a hospital Information System development project in a developing country. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Klein, K. J., and Sorra, J. S. (1996). The challenge of innovation implementation. *Academy of Management Review*, 21(4), 1055–1080.

Klein, H. K., and Myers, M. D. (1999). A set of principles for conducting and evaluating interpretive field studies in Information Systems. *Management Information Systems Quarterly*, 23(1), 67–93. doi:10.2307/249410

Kleinke, J. D. (2005). Dot-gov: Market failure and the creation of a national health information technology system. *Health Affairs* (Project Hope), 24(5), 1246–1262. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1246

Knox, G. (1964). The detection of space-time interactions. *Applied Statistics*, 13, 25–29. doi:10.2307/2985220

Koenderink, J. (1990). *Solid shape*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Kohli, R., & Kettinger, W. J. (2004). Informating the clan: Controlling physicians' costs and outcomes. *Management Information Systems Quarterly*, 28(3), 363–394.

Korfiatis, P., Kalogeropoulou, C., Karahaliou, A., and Kazantzi, A. (2008). Texture classification-based segmentation of lung affected by interstitial pneumonia in high-resolution CT. *Medical Physics*, 35(12), 5290–5302. doi:10.1118/1.3003066

Korn, P., Sidiropoulos, N., Faloutsos, C., Siegel, E., and Protopapas, Z. (1998). Fast and effective retrieval of medical tumour shapes. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 10, 889–904. doi:10.1109/69.738356

Korn, F., Pagel, B.-U., and Faloutsos, C. (2001). On the "dimensionality curse" and the "self-similarity blessing."[TKDE]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 13(1), 96–111. doi:10.1109/69.908983

Korn, F., Jagadish, H. V., and Faloutsos, C. (1997). *Efficiently supporting ad hoc queries in large datasets of time sequences*. Paper presented at the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, Tucson, AZ.

Kosch, H. (2003). *Multimedia database management systems: Indexing, access, and MPEG-7*. CRC Press.

Kostova, T., and Roth, K. (2002). Adoption of an organizational practice by subsidiaries of multinational corporations: Institutional and relational effects. *Academy of Management Journal*, 45(1), 215–233. doi:10.2307/3069293

Kriegel, H.-P., Kröger, P., and Zimek, A. (2009a). Clustering high-dimensional data: A survey on subspace clustering, pattern-based clustering, and correlation clustering. [TKDD]. *Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 3(1), 2–57.

Krishnamurthy, S. (2002). Cave or community? An empirical examination of 100 mature open source projects. *First Monday*, 7(4). Retrieved from http://www.firstmonday.dk/issues/issue7_6/ Krishnamurthy/index.html.

Kruskal, W. H., and Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 48(264), 583–621. doi:10.2307/2280779

Kulikowski, C., Ammenwerth, E., Bohne, A., Ganser, K., Haux, R., and Knaup, P. (2002). Medical imaging informatics and medical informatics: Opportunities and constraints. Findings from the IMIA yearbook of medical informatics. *Methods of Information in Medicine*, 41(2), 183–189.

Kulldorff, M. (1997). A special scan statistic. *Communications in Statistics Theory and Methods*, 26, 1481–1496. doi:10.1080/03610929708831995

Kulldorff, M. (1999, June). The Knox method and other tests for space-time interaction. *Biometrics*, 55, 544–552.doi:10.1111/j.0006-341X.1999.00544.x

Kulldorff, M. (2001). Prospective time periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A, (Statistics in Society)*, 164(1), 61–72. doi:10.1111/1467-985X.00186

Kulldorff, M. (2005). *SaTScanTM v6.0: Software for the spatial and space-time scan statistics*. Information Management Services, Inc.

Kulldorff, M., Tango, T., and Park, P. J. (2003). Power comparisons for disease clustering tests. *Computational Statistics & Data Analysis*, 42.

Kumar, A., Kim, J., Eberl, S., Fulham, M., and Feng, D. (2009). Content-based retrieval of PET-CT lung cancer data using spatial features. *Journal of Nuclear Medicine*, 50(Suppl 2), 176.

Kumar, P., Mittal, A., and Kumar, P. (2010). Addressing uncertainty in multi-modal fusion for improved object detection in dynamic environment. *Information Fusion*,11(4), 311–324. doi:10.1016/j.inffus.2009.10.002

Kumar, A., Kim, J., Cai, W., Eberl, S., and Feng, D. (2008). A graph-based approach to the retrieval of dual-modality biomedical images using spatial relationships. *Proceedings of the Annual International of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, (pp. 390-393).

Kumar, R. (2005). *Research Methodology: A step-bystep guide for beginners*. Thousand Oaks: CA, Sage Publications.

Kundel, H., and Polansky, M. (2003). Measurement of observer agreement. *Radiology*, 228(2), 303–308. doi:10.1148/radiol.2282011860

Kupinski, M., Giger, M., Lu, P., and Huo, Z. (1995). *Computerized detection of mammographic lesions: Performance of artificial neural network with enhanced feature extraction*. SPIE Medical Imaging.

Laforge, R. (1977). Interpersonal check list (ICL). In Pfeiffer, J. J. J. (Ed.), *The annual handbook for group facilitators* (pp. 89–96). La Jolla, CA: University Associates Publishers.

Lahiri, L., and Seidmann, A. (2010). The hang-over effect in information-intensive service systems. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Lam, M. O., Disney, T., Raicu, D. S., Furst, J. D., and Channin, D. S. (2007). BRISC—An open source pulmonary nodule image retrieval framework. *Journal of Digital Imaging*, 20(1), 63–71. doi:10.1007/s10278-007-9059-y

Landis, J. R., and Koch, G. (1977). *The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics*, 33(1), 159–174. doi:10.2307/2529310

Langlotz, C. P. (2006). RadLex: A new method for indexing online educational materials. *Radiographics*, 27(1), 1595–1597. doi:10.1148/rg.266065168

Lankton, N., and McKnight, H. (2008). *Incorporating trust in technology into expectation disconfirmation theory* (working paper). East Lansing, MI: Michigan State University.

Lapointe, L., and Rivard, S. (2005). A multilevel model of resistance to Information Technology implementation. *Management Information Systems Quarterly*, 29(3), 461–491.

Lapointe, L., Lamothe, L., and Fortin, J.-P. (2002). The dynamics of IT adoption in a major change process in healthcare delivery. P*roceedings of the 35th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Laurence, D. P., and Park, H. (2006). New technology and old habits: The role of age as a technology chasm. *Technology and Health Care*, 14(2), 91–96.

Lawson, A., and Denison, D. (2002). *Spatial cluster modelling*. Boca Raton, FL: CRC. doi:10.1201/9781420035414

Lawson, A., Biggeri, A., Böhning, D., Lesaffre, E., Viel, J. F., and Bertollini, R. (1999). Disease mapping and risk assessment for public health. In Lawson, A., Biggeri, A., Böhning, D., Lesaffre, E., Viel, J. F., and Bertollini, R. (Eds.), *Disease mapping and risk assessment for public health*. London, UK: John Wiley & Sons.

Lazarus, E., Mainiero, M., Schepps, B., Koelliker, S., and Livingston, L. (2006). BI-RADS lexicon for US and mammography: Interobserver variability and positive predictive value. *Radiology*, 239(2), 385–391. doi:10.1148/ radiol. 2392042127

Leavitt, H. J. (1965). Applied organisational change in industry: Structural technological and humanistic approaches. In March, J. G. (Ed.), *Handbook of organizations* (pp. 1144–1170). Chicago, IL: Rand-McNally.

Lehmann, T. M., Güld, M. O., Thies, C., Fischer, B., Spitzer, K., and Keysers, D. (2004). Content-based image retrieval in medical applications. *Methods of Information in Medicine*, 43, 354–361.

Lehmann, T. M., Guld, M. O., Deselaers, T., Keysers, D., Schubert, H., and Spitzer, K. (2005). Automatic categorization of medical images for content-based retrieval and data mining. *Elsevier Computerized Medical Imaging and Graphics*, 29, 143–155. doi:10.1016/j.compmedimag.2004.09.010

Lehmann, T. M., Schubert, H., Keysers, D., Kohnen, M., and Wein, B. B. (2003). The IRMA code for unique classification of medical images, Medical Imaging 2003: PACS and Integrated Medical Information Systems: Design and Evaluation. Edited by Huang, H. K.; Ratib, Osman M. *Proceedings of the SPIE*, 5033, 440-451.

Lehoux, P., Sicotte, C., Denis, J. L., Berg, M., and Lacroix, A. (2002). The theory of use behind telemedicine: How compatible with physicians' clinical routines? *Social Science & Medicine*, 54(6), 889–904. doi:10.1016/S0277- 9536(01)00063-6

Lemire, M., Sicotte, C., and Paré, G. (2008). Internet use and the logics of personal empowerment in health. *Health Policy* (Amsterdam), 88, 130–140. doi:10.1016/j.healthpol.2008.03.006

Leonard, K. J. (2004). Critical success factors relating to healthcare's adoption of new technology: A guide to increasing the likelihood of successful implementation. *Electronic Healthcare*, 2(4), 72–81.

Lerner, J., and Tirole, J. (2002). Some simple economics of open source. *The Journal of Industrial Economics*, 50(2), 197–234. doi:10.1111/1467-6451.00174

Lerner, J., and Tirole, J. (2005). The scope of open source licensing. *Journal of Law Economics and Organization*, 21(1), 20. doi:10.1093/jleo/ewi002

LeRouge, C., Hevner, A. R., and Collins, R. W. (2007). It's more than just use: An exploration of telemedicine use quality. *Decision Support Systems*, 43(4), 1287–1304.doi:10.1016/j.dss.2006.02.007

Lerouge, C., and Hevner, A. R. (2005). It's more than just use: An investigation of telemedicine use quality. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

LeTourneau, B. (2004). Managing physicians' resistance to change. *Journal of Healthcare Management*, 49(5),286–294.

Lew, M. S., Sebe, N., Djeraba, C., and Jain, R. (2006). Content-based multimedia information retrieval: State of the art and challenges. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, 2(1), 1–19.

Lewis, T. (2006). Seeking health information on the Internet: Lifestyle choice or a bad attack of cyberchondria? *Media Culture & Society*, 28(4), 521–539. doi:10.1177/0163443706065027

Lewis, J. D., and Weigert, A. (1985). Trust as a social reality. *Social Forces*, 63(4), 967–985. doi:10.2307/2578601

Li, Q., Li, F., Shiraishi, J., Katsuragawa, S., Sone, S., and Doi, K. (2003). Investigation of new psychophysical measures for evaluation of similar images on thoracic CT for distinction between benign and malignant nodules. *Medical Physics*, 32(7), 2584–2593. doi:10.1118/1.1605351

Li, D., and Browne, G. J. (2006). The role of need for cognition and mood in online flow experience. [Stillwater.]. *Journal of Computer Information Systems*, 46(3), 11–17.

Li, L., Xu, L., Jeng, H., Naik, D., Allen, T., and Frontini, M. (2008). Creation of environmental health Information System for public health service: A pilot study. *Information Systems Frontiers*, 10, 531–542. doi:10.1007/ s10796-008-9108-1

Licciardone, J. C., Smith-Barbaro, P., and Coleridge, S. T. (2001). Use of the Internet as a resource for consumer health information: Results of the second osteopathic survey of health care in America (OSTEOSURV-II). *Journal of Medical Internet Research*, 3(4), E31. doi:10.2196/jmir.3.4.e31

Lincoln, Y. S., and Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Newbury Park, CA: Sage.

Liu, H., and Yu, L. (2005). Toward integrating feature selection algorithms for classification and clustering. [TKDE]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*,17(4), 491–502. doi:10.1109/TKDE.2005.66

Liu, H., Zagorac, S., Uren, V., Song, D., and Ruger, S. (2009). Enabling effective user interactions in content-based image retrieval. *Proceedings of the 5th Asia Information Retrieval Symposium on Information Retrieval Technology*, (pp. 265-276).

Long, L. R., Antani, S., Deserno, T. M., and Thoma, G. R. (2009). Content-based image retrieval in medicine: Retrospective assessment, state of the art, and future directions. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 4(1), 1–16. doi:10.4018/jhisi.2009010101

Loomis, G. A., Ries, J. S., Saywell, R. M. Jr, and Thakker, N. R. (2002). If electronic medical records are so great,why aren't family physicians using them? *The Journal of Family Practice*, 51(7), 636–641.

Loomis, G. A. (2002, October 7). EMRs: Still not ready for prime time. *iHealthBeat*, California Healthcare Foundation.

Lowe, H. J., Antipov, I., Hersh, W., and Smith, C. A. (1998). Towards knowledge-based retrieval of medical images. The role of semantic indexing, image content representation and knowledge-based retrieval. *Proc AMIA Symp.*, 882–886.

Lu, J., Zhao, T., and Zhang, Y. (2008). Feature selection based-on genetic algorithm for image annotation. *Knowledge-Based Systems*, 21(8), 887–891. doi:10.1016/j.knosys.2008.03.051

Lucas, H. Jr, Swanson, E., and Zmud, R. (2007). Implementation, innovation and related themes over the years in Information Systems research. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 206–210.

Ludwick, D., and Doucette, J. (2009). Primary care physicians'experience with electronic medical records: Barriers to implementation in a fee-for-service environment. *International Journal of Telemedicine and Applications*, 2009, 1–9. doi:10.1155/2009/853524

Lyytinen, K., and Rose, G. M. (2003). The Disruptive Nature of Information Technology Innovations: The Case of Internet Computing in Systems Development Organizations. *Management Information Systems Quarterly*, 27(4), 557–595.

Maass, M. C., and Suomi, R. (2004). Adoption-related aspects of an Information System in a healthcare setting. *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on Systems Sciences,* Hawaii.

Maass, M., and Eriksson, O. (2006). Challenges in the adoption of medical Information Systems. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

MacGregor, R. C., Hyland, P. N., Harvie, C., and Lee, B. C. (2007). Benefits derived from ICT adoption in regional practices: Perceptual differences between male and female general practitioners. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 2(1), 1–13. doi:10.4018/ jhisi.2007010101

Mackinnon, W., and Wasserman, M. (2009). Integrated electronic medical record systems: Critical success factors for implementation. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Madsen, M., and Gregor, S. (2000). Measuring humancomputer trust. In *Proceedings of the 11th Australian Conference on Information Systems*. Brisbane, Queensland.

Maes, F., Collignon, A., Vandermeulen, D., Marchal, G., and Suetens, P. (1997). Multimodality image registration by maximization of mutual information. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 16(2), 187–198.doi:10.1109/ 42.563664

Mair, F., and Whitten, P. (2000). Systematic review of studies of patient satisfaction with telemedicine. *British Medical Journal*, 320(7248), 1517–1520. doi:10.1136/bmj.320.7248.1517

Malik, R., Kim, S., Jin, X., Ramachandran, C., Han, J., Gupta, I., et al. (2009). *MLR-Index: An index structure for fast and scalable similarity search in high dimensions*. Paper presented at the 21st International Conference on Scientific and Statistical Database Management, SSDBM 2009, New Orleans, LA.

Mantzana, V., and Themistocleous, M. (2006). A method for the identification of actors involved in the adoption of innovations in healthcare organizations. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

March, S., and Smith, G. (1995). Design and natural science research on Information Technology. *Decision Support Systems*, 15, 251–266. doi:10.1016/0167-9236(94)00041-2

Marshall, R. J. (1991). A review of the statistical analysis of spatial patterns of disease. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A, (Statistics in Society)*, 154, 421–441. doi:10.2307/2983152

Marshall, P. D., and Chin, H. L. (1998). *The effects of an electronic medical record on patient care-clinician attitudes in a large HMO*. American Medical Informatics Association Symposium.

Mathieson, K. (1991). Predicting user intentions: comparing the technology acceptance model with the theory of planned behavior. *Information Systems Research*, 2(3), 173–191. doi:10.1287/isre.2.3.173

Mathworks. (2009). *Matlab*. Natick, MA.

Mavlanova, T., and Benbunan-Fich, R. (2010). What does your online pharmacy signal? A comparative analysis of website trust features. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Mayer, R. C., Davis, J. H., and Schoorman, F. D. (1995). An integrative model of organizational trust. *Academy of Management Review*, 20(3), 709–734.

Mazzoleni, M. C., Baiardi, P., Giorgi, I., Franchi, G., Marconi, R., and Cortesi, M. (1996). Assessing users' satisfaction through perception of usefulness and ease of use in the daily interaction with a hospital information system. *Proceeding of the AMIA Annual Fall Symposium*.

McConnell, C. R. (2006). *Umiker's management skills for the new healthcare supervisor* (4th ed.). Boston, MA: Jones and Bartlett.

McCracken, M., McIlwain, F., and Fottler, M. D. (2001). Measuring organizational performance in the hospital industry: An exploratory comparison of objective and subjective methods. *Health Services Management Research*, 14(4), 211–219. doi:10.1258/0951484011912717

McCue, M. J., and Draper, D. A. (2004). How DSH payments might mislead the financial assessment of government-owned hospitals. *Journal of Health Care Finance*, 30(4), 59–67.

McCullough, J. (2007). The adoption of hospital Information Systems. *Health Economics*, 17, 649–664.doi:10.1002/hec.1283

McDonald, C. J., Schadow, G., Barnes, M., Dexter, P., Overhage, J. M., Mamlin, B., and McCoy, J. M. (2003). Open source software in medical

informatics-Why, how and what. *International Journal of Medical Informatics*, 69, 175–184. doi:10.1016/S1386-5056(02)00104-1

McGlynn, E., Asch, S. M., Adams, J., Keesey, J., Hicks, J., and DeCristofaro, A. (2003). The quality of healthcare delivered to adults at the United States. *The New England Journal of Medicine*, 348(26), 2635–2645. doi:10.1056/ NEJMsa022615

McGowan, J. J., Passiment, M., and Hoffman, H. M. (2007). Educating medical students as competent users of health information technologies: The MSOP data. *Medinfo*, 12,1414–1418.

McKnight, D. H., Cummings, L. L., and Chervany, N. L. (1998). Initial trust formation in new organizational relationships. *Academy of Management Review*, 23(3), 473–490.

McLane, S. (2005). Designing an EMR planning process based on staff attitudes toward and opinions about computers in healthcare. *Computers, Informatics, Nursing, CIN*, 23(2), 85–92.

Mcleod, A. J., and Clark, J. G. (2007). Identifying the user in healthcare Information Systems research. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

McMullan, M. (2006). Patients using the Internet to obtain health information: How this affects the patient-health professional relationship. *Patient Education and Counseling*, 63(1-2), 24–28. doi:10.1016/j.pec.2005.10.006

Medical Records Institute. (2007). *Medical Records Institute's ninth annual survey of electronic medical records trends and usage 2007*. Retrieved August 24, 2008, from http://www.medrecinst.com/MRI/emrsurvey.html

Medicine, I. o. (2001). *Crossing the quality chasm: A new health system for the 21st century*. Washington, DC: National Academy Press.

Meinert, D. (2005). Resistance to electronic medical records (EMRs): A barrier to improved quality of care in issues. In B. Cohen (Ed.), *Informing science and Information Technology*. Retrieved August 2, 2008, from http://proceedings.informingscience.org/InSITE2005/I41f100Mein.pdf

Menachemi, N., Matthews, M. C., Ford, E. W., and Brooks, R. G. (2007). The influence of payer mix on electronic health record adoption by physicians. *Health Care Management Review*, 32(2), 111–118.

Menachemi, N., and Brooks, R. G. (2006). EHR and other IT adoption among physicians: Results of a large-scale statewide analysis. *Journal of Healthcare Information Management*, 20(3), 79–87.

Menachemi, N., Saunders, C., Chukmaitov, A., Matthews, M., and Brooks, R. (2007). Hospital adoption of Information Technologies and improved patient safety: A study of 98 hospitals in Florida. *Journal of Healthcare Management*, 52(6), 398–410.

Menachemi, N., Burke, D., and Ayers, D. (2004). Factors affecting the adoption of telemedicine—A multiple adopter perspective. *Journal of Medical Systems*, 28(6), 617–632. doi:10.1023/B:JOMS. 0000044964.49821.df

Menachemi, N., Burkhardt, J., Richard, S., Darrell, B., and Robert, G. B. (2006). Hospital Information Technology and positive financial performance: A different approach to finding an ROI. *Journal of Healthcare Management*, 51(1), 40–58.

Merrill, M. (2008). Houston-area Wal-Marts to offer telemedicine clinics. *Healthcare IT News*. Retrieved from http://www.healthcareitnews.com/ news/houston-areawal-marts-offer-telemedicine-clinics?page=0,1

Mertler, C. A., and Vannatta, R. A. (2002). *Advanced and multivariate statistical methods* (2nd ed., p. 313). Los Angeles, CA: Pyrczak Publishing.

Meso, P., Mbarika, V., Kifle, M., Okoli, C., and Nwabueze, S. (2009). The effects of culture of adoption of telemedicine in medically underserved communities. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Metz, C. E. (2008). ROC analysis in medical imaging: A tutorial review of the literature. *Radiological Physics and Technology*, 1, 2–12. doi:10.1007/s12194-007-0002-1

Meyer, C. R., Johnson, T. D., McLennan, G., Aberle, D. R., Kazerooni, E. A., and Macmahon, H. (2006). Evaluation of lung MDCT nodule annotation across radiologists and methods. *Radiology*, 13(10), 385–391.

Meyer, A. D., and Goes, J. B. (1988). Organizational assimilation of innovations – A multilevel contextual analysis. *Academy of Management Journal*, 31(4), 897–923. doi:10.2307/256344

Miles, M. B., and Huberman, A. M. (1994). An Expanded Sourcebook: *Qualitative Data Analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Miller, R. H., West, C., Brown, T. M., Sim, I., and Ganchoff, C. (2005). The value of electronic health records in solo or small group practices. *Health Affairs (Project Hope)*, 24(5), 1127–1137. doi:10.1377/hlthaff.24.5.1127

Miller, A., and Tucker, C. (2009). Privacy protection and technology diffusion: The case of electronic medical records. *Management Science*, 55(7), 1077–1093. doi:10.1287/mnsc.1090.1014

Miller, G. A. (1956). The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychol Rev., Mar*, 63(2), 81-97.

Mobley, L. R., Root, E., Anselin, L., Lozano-Gracia, N., and Koschinsky, J. (2006). Spatial analysis of elderly access to primary care services. *International Journal of Health Geographics*, 5.

Moise, G., Sander, J., and Ester, M. (2008). Robust projected clustering. *Knowledge and Information Systems*, 14(3), 273–298. doi:10.1007/s10115-007-0090-6

Molina, L. C., Belanche, L., and Nebot, A. (2002). *Feature selection algorithms: A survey and experimental evaluation*. Paper presented at the IEEE International Conference on Data Mining (ICDM), Maebashi City, Japan.

Monegain, B. (2006). *Report: Healthcare IT spending to grow to $39.5 billion by 2008*. Healthcare IT News.

Moore, G. C., and Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information Systems Research*, 2(3), 192–222. doi:10.1287/isre.2.3.192

Moran, M., Heidelberger, C., Sarnikar, S., and Bennett, D. (2010). Electronic health records: Rural survey results. *Proceedings of the Midwest Association for Information Systems*, Moorhead, Minnesota, May 21-22, 2010.

Morris, M. G., and Venkatesh, V. (2000). Age differences in technology adoption decisions: Implications for a changing work force. *Personnel Psychology*, 53(2), 375–403. doi:10.1111/j.1744-6570.2000.tb00206.x

Moseley, M., and Donna, G. (2004). Multimodal imaging introduction. *Stroke*, 35 (Suppl 1), 2632–2634. doi:10.1161/01.STR.0000143214.22567.cb

Mountain, C. F. (2000). The international system for staging lung cancer. *Seminars in Surgical Oncology*, 18, 106–115. doi:10.1002/(SICI)1098-2388(200003)18:2<106::AIDSSU4>3.0.CO;2-P

Muir, B. M., and Moray, N. (1996). Trust in automation. Part II. Experimental studies of trust and human intervention in a process control simulation. *Ergonomics*, 39(3), 429–460. doi:10.1080/00140139608964474

Müller, H., Michoux, N., Bandon, D., and Geissbuhler, A. (2004). A review of content-based image retrieval systems in medical applications-Clinical benefits and future directions. *International Journal of Medical Informatics*, 73(1), 1–23. doi:10.1016/j.ijmedinf.2003.11.024

Müller, H., Deselaers, T., Kim, E., Kalpathy-Cramer, J., Deserno, T. M., Clough, P., and Hersh, W. (2008). *Overview of the ImageCLEFmed 2007 Medical Retrieval and Annotation Tasks*. Springer Lecture Notes in Computer Science.

Müller, H., Despont-Gros, C., Hersh, W., Jensenc, J. R., Lovis, C., and Geissbuhler, A. (2006). *Health care professionals'image use and search behaviour* (pp. 24–32). The Netherlands: Medical Informatics Europe.

Müller, H., and Geissbuhler, A. (2008). (to appear). Medical Multimedia Retrieval 2.0. *Supplement of Methods of Information in Medicine*.

Müller, H., Müller, W., Squire, D. M., Marchand-Maillet, S., and Pun, T. (2001). Performance evaluation in contentbased image retrieval: overview and proposals. *Pattern Recogn. Lett*., 22(5), 593–601.

Müller, E., Assent, I., and Seidl, T. (2009). *HSM: Heterogeneous subspace mining in high dimensional data*. Paper presented at the 21st International Conference on Scientific and Statistical Database Management, SSDBM 2009, New Orleans, LA.

Müller, H., Deselaers, T., Deserno, T., Clough, P., Kim, E., and Hersh, W. (2007). Overview of the ImageCLEFmed 2006 Medical Retrieval and Medical Annotation Tasks, *Evaluation of Multilingual and Multi-modal Information Retrieval,* 595-608.

Müller, H., Michoux, N., Bandon, D., and Geissbuhler, A. (2004). A review of content-based image retrieval systems in medical applications-clinical benefits and future directions. *Int J Med Inform*., Feb, 73(1), 1-23.

Müller, S., and Rigoll, G. (1999). Improved stochastic modeling of shapes for content-based image retrieval. In: Content-Based Access of Image and Video Libraries, (CBAIVL '99) *Proceedings. IEEE Workshop on.*, 23-27.

Muramatsu, C., Li, Q., Suzuki, K., Schmidt, R. A., Shiraishi, J., and Newstead, G. M. (2005). Investigation of psychophysical measures for evaluation of similar images for mammographic masses: Preliminary results. *Medical Physics*, 32, 2295–2304. doi:10.1118/1.1944913

Nakamura, K., Yoshida, H., and Engelmann, R. (2000). Computerized analysis of the likelihood of malignancy in solitary pulmonary nodules with use of artificial neural networks. *Radiology*, 214, 823–830.

National Institute of Standards and Technology (NIST). (2005). Retrieved April 24, 2008, from http://www.atp.nist.gov/atp/focus/iifhc.htm

Nease, R. F. Jr, and Brooks, W. B. (1995). Patient desire for information and decision making in health care decisions: The Autonomy Preference Index and the Health Opinion Survey. *Journal of General Internal Medicine*, 10(11), 593–600. doi:10.1007/BF02602742

Nel, D., van Niekerk, R., Berthon, J.-P., and Davies, T. (1999). Going with the flow: Web sites and customer involvement. *Internet Research: Electronic Networking Applications and Policy*, 9(2), 109–116. doi:10.1108/ 10662249910264873

Nelson, R. (2005). Connecting the providers in your healthcare community: One step at a time. *Frontiers of Health Services Management*, 22(2), 13–23.

Nelson, M., Sen, R., and Subramaniam, C. (2006). "Understanding open source software: A research classification framework," *Communications of the AIS*,17.

NEMA. (1999). *Digital imaging and communications in medicine (DICOM)*. ([]: NEMA.]. *NEMA Standards Publication No., PS3*, x.

Névéol, A., Deserno, T. M., Darmoni, S. J., Güld, M. O., and Aronson, A. R. (2009). Natural language processing versus content-based image analysis for medical document retrieval. [JASIST]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(1), 123–134. doi:10.1002/asi.20955

Ng, E. K. K., Fu, A. W.-c., and Wong, R. C.-W. (2005). Projective clustering by histograms. [TKDE]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 17(3),369–383. doi:10.1109/TKDE.2005.47

Nicholas, D., Huntington, P., and Gunter, B. (2003). The British and their use of the web for health information and advice: A survey. *Aslib Proceedings*, 55(5-6), 258–260.

Norman, C. D., and Skinner, H. A. (2006). eHEALS: The eHealth literacy scale. *Journal of Medical Internet Research*, 8(4), E27. doi:10.2196/jmir.8.4.e27

Nunnally, J. (1967). *Psychometric theory*. New York, NY: McGraw-Hill.

Nunnally, J. (1978). *Psychometric Methods*. New York: Éditions McGraw-Hill.

O'Neill, L., and Klepack, W. (2007). Electronic medical records for a rural family practice: A case study in systems development. *Journal of Medical Systems*, 31(1), 25–33. doi:10.1007/s10916-006-9040-1

Obuchowski, N., Lieber, M., and Powell, K. (2000). Data analysis for detection and localization of multiple abnormalities with application to mammography. *Academic Radiology*, 7(7), 516–525. doi:10.1016/S1076-6332(00)80324-4

Oinas-Kukkonen, H. (2000). Balancing the vendor and consumer requirements for electronic shopping systems. *Information Technology Management*, 1, 73–84.doi:10.1023/A:1019156504846

Oinas-Kukkonen, H. (1999). *Mobile electronic commerce through the Web*. Second International Conference on Telecommunications and Electronic Commerce (ICTEC '99), (pp. 69-74). Nashville, USA, October 6-8, 1999.

Olson, L., Schneiderman, M., and Armstrong, R. V. (1993). Increasing physician survey response rates without biasing survey results. *Proceedings, SRMS, American Statistical Association*, (pp. 1036-1041).

Osbourne, J. A., and Clarke, M. (2006). Factors motivating the acceptance of new information and communication technologies in UK healthcare. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 1(4), 29–39. doi:10.4018/jhisi.2006100103

Ovretveit, J., Scott, T., Rundall, T. G., Shortell, S. M., and Brommels, M. (2007). Improving quality through effective implementation of information technology in healthcare. *International Journal for Quality in Health Care*, 19(5),259–266. doi:10.1093/intqhc/mzm031

Ozdenerol, E., Williams, B., Kang, S. Y., and Magsumbol, M. (2005). Comparison of spatial scan statistic and spatial filtering in estimating low birth weight clusters. *International Journal of Health Geographics*, 4(19).

Ozonoff, A., Bonetti, M., Forsberg, L., and Pagano, M. (2005). Power comparisons for an improved disease clustering test. *Computational Statistics & Data Analysis*, 48, 679–684. doi:10.1016/j.csda.2004.03.012

Padmanabhan, N., Burstein, F., Churilov, L., Wassertheil, J., Hornblower, B., and Parker, N. (2006). A mobile emergency triage decision support system evaluation. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Pandey, S. K., Hart, J. J., and Tiwary, S. (2003). Women's health and the Internet: Understanding emerging trends and implications. *Social Science & Medicine*, 56, 179–191.doi:10.1016/S0277-9536(02)00019-9

Pare, G., Wybo, M., and Delannoy, C. (2010). Barriers to open source software adoption in Quebec's healthcare organizations. *Journal of Medical Systems*, 33(1), 1–7. doi:10.1007/s10916-008-9158-4

Paré, G., and Sicotte, C. (2001). Information Technology sophistication in healthcare: An instrument validation study among Canadian hospitals. *International Journal of Medical Informatics*, 63(3), 205–223. doi:10.1016/S1386-5056(01)00178-2

Pare, G., Aubry, D., Lepanto, L., and Sicotte, C. (2005). *Evaluating PACS success: A multidimensional model*. Paper presented at the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'05) - Track 6, Big Island, HI, USA.

Paré, G., Jaana, M., and Girouard, D. (2008). Prioritizing clinical Information System project risk factors: A Delphi study. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Paré, G., Sicotte, C., Chekli, M., Jaana, M., and Blois, C. D. (2009). Evaluation of the impacts of a provider-focused tele-homecare intervention: A pre-post study. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Pavlou, P. A., and Fygenson, M. (2006). Understanding and predicting electronic commerce adoption: An extension of the theory of planned behavior. *Management Information Systems Quarterly*, 30(1), 115–143.

Pearce, J. M., and Howard, S. (2004). Designing for flow in a complex activity. In *Proceeding of the 6th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction, APCHI 2004*, Rotorua, New Zealand.

Peirpont, G., and Thilgen, D. (1995). Effect of computerized charting on nursing activity in intensive care. *Critical Care Medicine*, 23, 1067–1073. doi:10.1097/00003246-199506000-00012

Penrod, L. E., and Gadd, C. S. (2001) Attitudes of academic based and community-based physicians regarding EMR use during outpatient encounters. *Proceedings of the American Medical Informatics Association Symposium*, (pp. 528-32).

Perez, A. M., Ward, M. P., Torres, P., and Ritacco, V. (2002). Use of spatial statistics and monitoring data to identify clustering of bovine tuberculosis in Argentina. *Preventive Veterinary Medicine*, 56, 63–74. doi:10.1016/ S0167-5877(02)00124-1

Perry, I. F. (2007). Process, knowledge, touchpoints in mental health communities of practice. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Petrakis, E. G. M. (2002). Design and evaluation of spatial similarity approaches for image retrieval. *Image and Vision Computing*, 20, 59–76. doi:10.1016/S0262-8856(01)00077-4

Petrick, N., Gallas, B. D., Samuelson, F. W., Wagner, R. F., and Myers, K. J. (2005). *Influence of panel size and expert skill on truth panel performance when combining expert ratings*. SPIE Medical Imaging.

Pew Internet and American Life Report (2006, October 29). *Online Health Search 2006*.

Pew Internet and American Life Report (2007, October 8). *E-patients with a disability or chronic disease*.

Pfeiffer, D. U., Robinson, T. P., Stevenson, M., Stevens, K. B., Rogers, D. J., and Clements, A. C. A.(2008). *Spatial analysis in epidemiology*. New York, NY: Oxford University Press Inc.doi:10.1093/acprof:oso/9780198509882.001.0001

Pierce, M. E. (2005). Convergence of the health industry. *Leadership in Health Services*, 18(1), 22–31.doi:10.1108/13660750510578402

Pietka, E., and Huang, H. K. (1992). Orientation correction for chest images. J *Digit Imaging, Aug*, 5(3), 185-9.

Pizzi, R. (2007). U.S. EHR market to approach $5billion by 2015, *Healthcare IT News*, Retrieved February 4, 2008 from. www.healthcareitnews.com/story.cms?id=6332 - 31k

Pizziferri, L., Kittler, A., Volk, L., Honour, M., Gupta, S., & Wang, S. (2005). Primary care physician time utilizationbefore and after implementation of an electronic health record: A time-motion study. *Journal of Biomedical Informatics*, 38, 176–188. doi:10.1016/j.jbi.2004.11.009

Plebani, M. (2007). Errors in laboratory medicine and patient safety: The road ahead. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 45(6), 700–707. doi:10.1515/CCLM.2007.170

Pola, I. R. V., Traina, A. J. M., and Traina, C., Jr. (2009). *Easing the dimensionality curse by stretching metric spaces*. Paper presented at the 21st International Conference on Scientific and Statistical Database Management, SSDBM 2009, New Orleans, LA.

Poon, E. G., Jha, A. K., Christino, M., Honour, M. M., Fernandopulle, R., and Middleton, B. (2006). Assessing the level of healthcare Information Technology adoption in the United States: A snapshot. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 6, 1. doi:10.1186/1472-6947-6-1

Possner, B. Z., Kouzes, J. M., and Schmidt, W. H. (1985). Shared values make a difference: An empirical test of corporate culture. *Human Resource Management*, 24(3),293–309. doi:10.1002/hrm.3930240305

Prescott, M. B., and Conger, S. A. (1995). Information Technology innovations: A classification by IT locus of impact and research approach. *The Data Base for Advances in Information Systems*, 26(2-3), 20–41.

Prgomet, M., Georgiou, A., and Westbrook, J. I. (2009). The impact of mobile handheld technology on hospital physicians' work practices and patient care: A systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 16(6), 792–801. doi:10.1197/jamia.M3215

Rabinovitch, I. (2007, July). Speedy EMR implementations. *Technology for Doctors*.

Radin, P. (2006). To me, it's my life: Medical communication, trust, and activism in cyberspace. *Social Science & Medicine*, 62, 591–601. doi:10.1016/j.socscimed.2005.06.022

Raghupathi, W., and Gao, W. (2007). An eclipse-based development approach to health Information Technology. *International Journal of Electronic Healthcare*, 3(4),433–452. doi:10.1504/IJEH.2007.015322

Rahman, M., Bhattacharya, P., and Desai, B. C. (2007). A framework for medical image retrieval using machine learning and statistical similarity matching techniques with relevance feedback. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 11(1), 58–69. doi:10.1109/TITB. 2006.884364

Rahman, M. M., Antani, S., and Thoma, G. R. (2010). *Biomedical image retrieval in a fuzzy feature space with affine region detection and vector quantization of a scale-invariant descriptor*. Paper presented at the 6th International Symposium on Advances in Visual Computing (ISVC), Las Vegas, USA.

Rai, A. (1995). External information source and channel effectiveness and the diffusion of CASE innovations: An empirical study. *European Journal of Information Systems*, 4(2), 93–102. doi:10.1057/ejis.1995.11

Raicu, D., Varutbangkul, E., Cisneros, J., Furst, J., Channin, D., and Armato, S. III. (2007). *Semantics and image content integration for pulmonary nodule interpretation in thoracic computed tomography*. San Diego, CA: SPIE.

Räisänen, T., Oinas-Kukkonen, H., Leiviskä, K., Seppänen, M., and Kallio, M. (2009). Managing mobile healthcare knowledge: Physicians' perceptions on knowledge creation and reuse. In Olla, P., and Tan, J. (Eds.), *Mobile health solutions for biomedical applications* (pp.111–127). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-60566-332-6.ch006

Raitoharju, R. (2005). When acceptance is not enough - Taking TAM-model into healthcare. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Rajagopalan, B., Deshmukh, H., and Deshmukh, A. (2010). Healthcare related open source software innovations: Diffusion patterns and early adopter influence. *International Journal of Business Innovation and Research*, 4(3), 163–178. doi:10.1504/IJBIR.2010.032381

Ramiller, N. C., and Swanson, E. B. (2003). Organizing visions for Information Technology and the Information Systems executive response. *Journal of Management Information Systems*, 20(1), 13–50.

Randeree, E. (2007). Exploring physician adoption of EMRs: A multi-case analysis. *Journal of Medical Systems*, 31, 489–496. doi:10.1007/s10916-007-9089-5

Raymond, L., and Pare, G. (1992). Measurement of IT sophistication in small manufacturing businesses. *Information Resource Management*, 5(2), 4–16.

Razente, H. L., Barioni, M. C. N., Traina, A. J. M., Faloutsos, C., and Traina, C., Jr. (2008). *A novel optimization approach to efficiently process aggregate similarity queries in MAM*. Paper presented at the ACM 17th International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 08), Napa Valley, CA.

Razente, H. L., Barioni, M. C. N., Traina, A. J. M., and Traina, C., Jr. (2008). *Aggregate similarity queries in relevance feedback methods for content-based image retrieval*. Paper presented at the 23rd Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC2008), Fortaleza, Ceará - Brazil.

Reardon, J. L., and Davidson, E. (2007). How do doctors perceive the organizing vision for electronic medical records? Preliminary findings from a study of EMR adoption in independent physician practices. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Reddick, C. G. (2006). The Internet, health information, and managing health: An examination of boomers and seniors. *Int J Health Care Inform Syst Inform*, 1(2), 20–38.

Redmond, W. H. (2003). Innovation, diffusion and institutional change. *Journal of Economic Issues*, 37(3), 665–679.

Reichertz, P. L. (1977). Towards systematization. *Methods of Information in Medicine*, 16, 125–130.

Reichertz, P. L. (2006). Hospital Information Systems. Past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 75, 282–299. doi:10.1016/j.ijmedinf.2005.10.001

Renahy, E., and Chauvin, P. (2006). Internet uses for health information seeking: A literature review. *Revue d'Epidemiologie et de Sante Publique*, 54(3), 263–275. doi:10.1016/S0398-7620(06)76721-9

Ribeiro, M. X., Balan, A. G. R., Felipe, J. C., Traina, A. J. M., and Traina, C. Jr. (2009). Mining statistical association rules to select the most relevant medical image features. In Zighed, D. A., Tsumoto, S., Ras, Z. W., and

Hacid, H. (Eds.), *Mining complex data* (Vol. 165, pp. 113–131). Berlin / Heidelberg, Germany: Springer. doi:10.1007/978-3-540-88067-7_7

Ribeiro, M. X., Bugatti, P. H., Traina, A. J. M., Traina, C., Jr., Marques, P. M. d. A., and Rosa, N. A. (2009). Supporting content-based image retrieval and computer-aided diagnosis systems with association rule-based techniques. *Data and Knowledge Engineering, Special issue on Knowledge Discovery in Medicine*, 68(12).

Ribeiro, M. X., Ferreira, M. R. P., Traina, C., Jr., and Traina, A. J. M. (2008). *Data pre-processing: A new algorithm for feature selection and data discretization*. Paper presented at the Fifth International Conference on Soft Computing as Transdisciplinary Science and Technology (ACM/IEEE CSTST 2008), Cergy-Pontoise/Paris-France.

Rice, R. E. (2006). Influences, usage, and outcomes of Internet health information searching: multivariate results from the Pew surveys. *International Journal of Medical Informatics*, 75(1), 18–25. doi:10.1016/j.ijmedinf.2005.07. 032

Rippen, H. (2006). Summar*y of the findings assessing the economics of EMR adoption and successful implementation in physician small office settings*. Office of the Assistant Secretary for Planning and Evaluation, Health and Human Services. Retrieved December 17, 2006,from www.hhs.gov/healthit/ ahic/materials/meeting10/ehr/Rippen.ppt

Roberts, L., Ward, M., Brokel, J., Wakefield, D., Crandall, D., and Conlo, P. (2009). Methodological approaches to measuring the effects of implementation of health Information Technology (Hit). *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations* (4th ed.). New York: Free Press.

Rosa, N. A., Felipe, J. C., Traina, A. J. M., Traina, A. J. M., Rangayyan, R. M., and Marques, P. M. A. (2008). *Using relevance feedback to reduce the semantic gap in content-based image retrieval of mammographic masses*. Paper presented at the 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2008), Vancouver, BC, Canada.

Rosa, N. A., Marques, P. M. A., Traina, C., Jr., and Traina, A. J. M. (2007). *Interface for assisted structured reporting in mammography with CBIR*

integrated. Paper presented at the Society for Imaging Informatics in Medicine Annual Meeting (SIIM 2007), Providence, Rhode Island.

Rosenthal, D. A., and Layman, E. J. (2008). Utilization of information technology in eastern north carolina physician practices: Determining the existence of a digital divide. *Perspectives in Health Information Management/ AHIMA, American Health Information Management Association*, 5, 3.

Rosenthal, M. B., Landon, B. E., Howitt, K., Song, H. R., and Epstein, A. M. (2007). Climbing up the pay-forperformance learning curve: Where are the early adopters now? *Health Affairs (Project Hope)*, 26(6), 1674–1682. doi:10.1377/hlthaff.26.6.1674

Rosko, M. D. (2004). Performance of major teaching hospitals during the 1990s: Adapting to turbulent times. *Journal of Health Care Finance*, 30(3), 34–48.

Rosset, A., Müller, H., Martins, M., Dfouni, N., Vallée, J., and Ratib, O. (2004). Casimage project: a digital teaching files authoring environment. *J Thorac Imaging*, Apr,19(2), 103-8.

Rossiter, J. R. (2002). The C-OAR-SE procedure for scale development in marketing. *International Journal of Research in Marketing*, 19, 305–335. doi:10.1016/S0167-8116(02)00097-6

Rothschild, J. M., Lee, T. H., Bae, T., and Bates, D. W.(2002). Clinician use of a palmtop drug reference guide. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 9(3), 223–229. doi:10.1197/jamia.M1001

Roy, A. S., Armato, S. G. III, Wilson, A., and Drukker, K. (2006). Automated detection of lung nodules in CT scans: False-positive reduction with the radialgradient index. *Medical Physics*, 33(4), 1133–1140.doi:10.1118/ 1.2178450

Ryan, J., Doster, B., Daily, S., and Heslin, M. (2008). Soft innovation as data-driven process improvement exploited via integrated hospital Information Systems. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Sackett, D. L., Rosenberg, W. M. C., Gray, J. A. M., Haynes, B., and Richardson, W. S. (1996). Evidence based medicine: What it is and what it isn't. *British Medical Journal*, 312(13), 71–72.

Sackett, D. L., and Strauss, S. E. (1998). Finding and applying evidence during clinical rounds: The "evidence cart." *Journal of the American Medical Association*, 280(15), 1336–1338. doi:10.1001/jama.280.15.1336

Sahiner, B., Ge, Z., Chan, H., Hadjiiski, L., Bogot, N., and Cascade, P. (2005). *False-positive reduction using Hessian features in computer-aided detection of pulmonary nodules on thoracic CT images*. San Diego, CA: SPIE.

Sahiner, B., Hadjiiski, L. M., Chan, H.-P., Paramagul, C., Nees, A., and Helvie, M. (2008). *Concordance of computer-extracted image features with BI-RADS descriptors for mammographic mass margin*. San Diego, CA: SPIE.

Sakai, S., Yabuuchi, H., Matsuo, Y., Okafuji, T., Kamitani, T., and Honda, H. (2008). Integration of temporal subtraction and nodule detection system for digital chest radiographs into picture archiving and communication system (PACS): Four-year experience. *Journal of Digital Imaging*, 21(1), 91–98. doi:10.1007/s10278-007-9014-y

Sankoh, O. A., Ye, Y., Sauerborn, R., Muller, O., and Becher, H. (2001). Clustering of childhood mortality in rural Burkina Faso. *International Journal of Epidemiology*, 30, 485–492. doi:10.1093/ije/30.3.485

Santos Filho, R. F., Traina, A. J. M., Traina, C., Jr., and Faloutsos, C. (2001). *Similarity search without tears: The OMNI family of all-purpose access methods*. Paper presented at the IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE), Heidelberg, Germany.

Savia, E., Puolamäki, K., and Kaski, S. (2009). Latent grouping models for user preference prediction. *Machine Learning*, 74(1), 75–109. doi:10.1007/s10994-008-5081-7

Schaper, L. K., and Pervan, G. P. (2007). An investigation of factors affecting technology acceptance and use decisions by Australian allied health therapists. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Schiffman, M., and Adrianza, M. E. (2000). ASCUSLSIL triage study. Design, methods and characteristics of trial participants. *Acta Cytologica*, 44(5), 726–742. doi:10.1159/000328554

Schmidt, R. (1997). Managing Delphi surveys using nonparametric statistical techniques. *Decision Sciences*, 28(3), 763–774. doi:10.1111/j.1540-5915.1997. tb01330.x

Schubart, J. R., and Einbinder, J. S. (2000). Evaluation of a data warehouse in an academic health sciences center. *International Journal of Medical Informatics*, 60(3), 319–333. doi:10.1016/S1386-5056(00)00126-X

Schulthess, G. K., and Schlemmer, H.-P. W. (2009). A look ahead: PET/MR versus PET-CT. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 36(Suppl 1),S3–S9. doi:10.1007/s00259-008-0940-9

Schuring, R. W., and Spil, T. A. M. (2002). Explaining plateaued diffusion by combining the user-IT-success factors and adopter categories: The case of electronic prescription systems for general practitioners. *International Journal of Healthcare Technology and Management*, 4, 303–318. doi:10.1504/IJHTM. 2002.001145

Sears, R., Ingen, C. V., and Gray, J. (2006). *To BLOB or not to BLOB: Large object storage in a database or a filesystem? (Technical report)*. Redmond, WA: Microsoft Research, Microsoft Corporation.

Seebregts, C., and Mamlin, B. (2009). The OpenMRS implementers network. *International Journal of Medical Informatics*, 78(11), 711–720. doi:10.1016/j. ijmedinf.2008.09.005

Shachak, A., and Reis, S. (2009). The impact of electronic medical records on patient-doctor communication during consultation: A narrative literature review. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 15, 641–649. doi:10.1111/j.1365-2753.2008.01065.x

Shapiro, S. P. (1987). The social control of impersonal trust. *American Journal of Sociology*, 93(3), 623–658.doi:10.1086/228791

Shekelle, P. G., Morton, S. C., and Keeler, E. B. (2006). Costs and benefits of health information technology. *Evidence Report/ technology Assessment*, 132, 1–71.

Sherlock, S., and Chismar, W. G. (2006). What airline reservation systems tell us about the future of EHRs. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Shortliffe, E. H. (2005). Strategic action in health information technology: Why the obvious has taken so long. *Health Affairs* (Project Hope), 24(5), 1222–1233.doi:10.1377/hlthaff.24.5.1222

Shoshani, A., Bernardo, L. M., Nordberg, H., Rotem, D., and Sim, A. (1999). *Multidimensional indexing and query coordination for tertiary*

storage management. Paper presented at the 11th International Conference on Scientific and Statistical Database Management, Cleveland, Ohio.

Shyu, C., Brodley, C., Kak, A., Kosaka, A., Aisen, A., and Broderick, L. (1999). ASSERT: A physician-in-loop content-based image retrieval system for HRCT image databases. *Computer Vision and Image Understanding*, 75, 111–132. doi:10.1006/cviu.1999.0768

Siadat, M.-R., Soltanian-Zadeh, H., Fotouhi, F., and Elisevich, K. (2005). Content-based image database system for epilepsy. *Elsevier Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 79, 209–226. doi:10.1016/j.cmpb.2005.03.012

Siau, K. (2003). Healthcare informatics. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 7(1),1–6. doi:10.1109/TITB.2002.805449

Sibona, C., Brickey, J., Walczak, S., and Parthasarathy, M. (2010). Patient perceptions of electronic medical records. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Silva, S. F. d., Traina, A. J. M., and Traina, C., Jr. (2009). *Ranking functions to improve genetic feature selection in content-based image retrieval of mammograms*. Paper presented at the 22th IEEE Intl. Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2009), Albuquerque,NM, EUA.

Sintchenko, V., Iredell, J., Gilbert, G., and Coiera, E. (2005). Handheld computer-based decision support reduces patient length of stay and antibiotic prescribing in critical care. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 12(4), 398–402. doi:10.1197/jamia.M1798

Sittig, D. F., Krall, M., Kaalaas-Sittig, J., and Ash, J. S. (2005). Emotional aspects of computer-based provider order entry: A qualitative study. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 12(5), 561–567.doi:10.1197/ jamia.M1711

Skopal, T., and Lokoc, J. (2009). New dynamic construction techniques for M-tree. *Journal of Discrete Algorithms*, 7(1), 62–77. doi:10.1016/j.jda.2008.09.013

Smeaton, A. (2007). *TRECVid – Video Evaluation, Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*. Feb/Mar.

Smeulders, A., Worring, M., Santini, S., Gupta, A., and Jain, R. (2000). Content-based image retrieval at the end of the early years. Pattern Analysis and Machine Intelligence, *IEEE Transactions on*, 22(12), 1349–1380.

Smith, H. L., Bullers, W. I. Jr, and Piland, N. F. (2000). Does Information Technology make a difference in Healthcare organization performance? A multiyear study. *Hospital Topics*, 78(2), 13. doi:10.1080/00185860009596548

Snyder, K. D., Paulson, P., and McGrath, P. (2005). Improving processes in a small healthcare network: A value mapping case study. *Business Process Management Journal*, 11(1), 87–99. doi:10.1108/14637150510578755

Snyder-Halpern, R., and Wagner, M. (2000). Evaluating return-on-investment for a hospital clinical Information System. *Computers in Nursing*, 18(5), 213–219.

Sobol, M. G. (2000). Segmenting health maintenance organizations to study productivity and profitability. *Journal of Health Care Finance*, 26(4), 78–89.

Sobol, M. G., and Smith, G. N. (2001). The impact of IT adoption on hospital staffing and payroll. *International Journal of Healthcare Technology and Management*, 3(1),75–93. doi:10.1504/IJHTM.2001.001106

Song, C., and Kulldorff, M. (2003). Power evaluation of disease clustering tests. *International Journal of Health Geographics*, 2, 1–8. doi:10.1186/1476-072X-2-9

Song, Y., Cai, W., Eberl, S., Fulham, M., and Feng, D.(2010). A content-based image retrieval framework for multi-modality lung images. *Proceedings of the IEEE Symposium on Computer Based Medical Systems*, (pp.285-290).

Sood, S. P., Nwabueze, S. N., Mbarika, V. W. A., Prakash, N., Chatterjee, S., Ray, P., and Mishra, S. (2008). Soft innovation as data-driven process improvement exploited via integrated hospital Information Systems. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Sousa, E. P. M. d., Traina, C. Jr, Traina, A. J. M., Wu, L., and Faloutsos, C. (2007). A fast and effective method to find correlations among attributes in databases. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 14(3), 367–407. doi:10.1007/s10618-006-0056-4

Spaulding, T. J., Furukawa, M. F., and Raghu, T. S. (2010). Performance impacts of medication management systems: Process matters. *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Srinivasan, A. (1985). Alternative measure of system effectiveness: Associations and implications. *Management Information Systems Quarterly*, 9(3), 243–253.doi:10.2307/248951

Stake, R. E. (1994). Case studies. In Denzin, N. K., and Lincoln, Y. S. (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 236–247). Thousand Oaks, CA: Sage.

Starr, P. (1982). *The Social Transformation of American Medicine*. New York: Basic Books.

Stelling, J. (2010). Automated use of WHONET and SaTScan to detect outbreaks of Shigella spp. using antimicrobial resistance phenotypes. *Epidemiology and Infection*, 138, 873–883. doi:10.1017/S0950268809990884

Stewart, K. J., Ammeter, A. P., and Maruping, L. M. (2006). Impacts of license choice and organizational sponsorship on user interest and development activity in open source software projects. *Information Systems Research*, 17(2), 126–144. doi:10.1287/isre.1060.0082

Stoian, A., Ivan, R., Stoian, I., and Marichescu, A. (2008). *Current trends in medical imaging acquisition and communication.* Paper presented at the 2008 IEEE Intl. Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, Cluj-Napoca, Romania.

Straub, D. W. Jr, and Burton-Jones, A. (2007). Veni, vidi, vici: Breaking the TAM logjam. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 223–229.

Svendsen, G. B., Søholt, Y., Munch-Ellingsen, A., Gammon, D., and Schurmann, A. (2009). The importance of being useful and fun: Factors influencing intention to use a mobile system motivating for physical activity. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Swanson, E. B., and Ramiller, N. C. (1997). The organizing vision in Information Systems innovation. *Organization Science*, 28(5), 458–474. doi:10.1287/orsc.8.5.458

Swanson, E. B., and Ramiller, N. C. (2004). Innovating mindfully with information technology. *Management Information Systems Quarterly*, 28(4), 553–583.

Swayne, L. E., Duncan, W. J., and Ginter, P. M. (2008). *Strategic management of healthcare organizations* (6th ed.). Malden, MA: Blackwell.

Tagare, H. D., Jaffe, C. C., and Duncan, J. (1997). Medical image databases: A content-based retrieval approach. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 4(3), 184–198. doi:10.1136/jamia.1997.0040184

Tan, J. K. H., and Modrow, R. E. (1999). Strategic relevance and accountability expectations: New perspectives for healthcare Information Technology design. *Topics in Health Information Management*, 19(4), 1.

Tang, H., and Hwee Kwoon Ng, J. (2006). Googling for a diagnosis – use of Google as a diagnostic aid: Internetbased study. *British Medical Journal*, 333, 1143–1145. doi:10.1136/bmj.39003.640567.AE

Tang, P. C., and McDonald, C. J. (2001). Computer-based patient-record systems. In Shortliffe, E. H., Perreault, L. E., Wiederhold, G., and Fagan, L. M. (Eds.), *Medical informatics - Computer applications in healthcare and biomedicine* (pp. 327–358). New York, NY: Springer-Velag.

Tang, A. M., Kacher, D. F., Lam, E. Y., Brodsky, M., Jolesz, F. A., and Yang, E. S. (2007). Multi-modal imaging: Simultaneous MRI and ultrasound imaging for carotid arteries visualization. *Proceedings of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, (pp. 2603-2606).

Tango, T., and Takahashi, K. (2005). A flexibly shaped spatial scan statistic for detecting clusters. *International Journal of Health Geographics*, 4, 1–15. doi:10.1186/1476-072X-4-11

Tao, Y., Lo, S.-C. B., Freedman, M. T., Makariou, E., and Xuan, J. (2008). *Automatic categorization of mammographic masses using BI-RADS as a guidance*. San Diego, CA: SPIE.

Taylor, S., and Todd, P. A. (1995). Understanding information technology usage: a test of competing models. *Information Systems Research*, 6(2), 144–176. doi:10.1287/isre.6.2.144

Taylor, S., and Todd, P. A. (1995). Understanding Information Technology usage: A test of competing models. *Information Systems Research*, 6(2), 144–176. doi:10.1287/isre.6.2.144

Tekli, J., Chbeir, R., and Yétongnon, K. (2009). An overview on XML similarity: Background, current trends and future directions. *Computer Science Review*, 3(3), 151–173. doi:10.1016/j.cosrev.2009.03.001

Tennyson, D. H., and Fottler, M. D. (2000). Does system membership enhance financial performance in hospitals? *Medical Care Research and Review*, 57(1), 29–50. doi:10.1177/107755870005700103

Terry, K. (2005, January 21). Exclusive survey: Doctors and EHRs, *Medical Economics*, Retrieved 2/4/08 from http://www.memag.com/memag/ article/articleDetail.jsp?id=143144

Thatcher, J. B., and Perrewe, P. L. (2002). An empirical examination of individual traits as antecedents to computer anxiety and computer self-efficacy. *Management Information Systems Quarterly*, 381–391. doi:10.2307/4132314

Thielst, C. B. (2007). The future of healthcare technology. *Journal of Healthcare Management*, 52(1), 7–9.

Thielst, C. B. (2007). The new frontier of electronic, personal and virtual health records. *Journal of Healthcare Management*, 52(2), 75–78.

Thielst, C. B., and Gardner, J. H. (2008). Clinical documentation systems: Another link between technology and quality. *Journal of Healthcare Management*, 53(1), 5–7.

Thomas, T. (2008). A computer security expert's perspective on electronic medical records. *Journal of Controversial Medical Claims*, 152, 19–20.

Thompson, D. I., Osheroff, J., Classen, D., and Sittig, D. F. (2007). A review of methods to estimate the benefits of electronic medical records in hospitals and the need for a national benefits database. *Journal of Healthcare Information Management*, 21(1), 62–68.

Thonangi, R., He, H., Doan, A., Wang, H., and Yang, J. (2009). *Weighted proximity best-joins for information retrieval*. Paper presented at the IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE), Shanghai, China.

Topacan, U., Basoglu, N., and Daim, T. (2009). Health information service adoption: Case of telemedicine. *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Tornatzky, L. G., and Klein, K. J. (1982). Innovation characteristics and innovation adoption-implementation: A meta-analysis of findings. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 29(1), 28–45.

Townsend, D. W., Carney, J. P., Yap, J. T., and Hall, N. C. (2004). PET/CT today and tomorrow. *Journal of Nuclear Medicine*, 45(Suppl 1), 4S–14S.

Traina, C. Jr, Santos Filho, R. F., Traina, A. J. M., Vieira, M. R., and Faloutsos, C. (2007). The OMNI-family of all-purpose access methods: A simple and effective way to make similarity search more efficient. *The International Journal on Very Large Databases*, 16(4), 483–505.doi:10.1007/s00778-005-0178-0

Traina, C. Jr, Traina, A. J. M., Faloutsos, C., and Seeger, B. (2002). Fast indexing and visualization of metric datasets using slim-trees. [TKDE]. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 14(2), 244–260. doi:10.1109/ 69.991715

Traina, C. Jr, Traina, A. J. M., Wu, L., and Faloutsos, C. (2010). Fast feature selection using fractal dimension. [JIDM]. *Journal of Information and Data Management*, 1(1), 3–16.

Traina, A. J. M., Marques, J., and Traina, C. (2006). Fighting the Semantic Gap on CBIR Systems through New Relevance Feedback Techniques. In: Computer-Based Medical Systems, CBMS 2006. *19th IEEE International Symposium on*, 881-886.

Traina, A. J. M., Rosa, N. A., and Traina, C., Jr. (2003). *Integrating images to patient electronic medical records through content-based retrieval techniques*. Paper presented at the 16th IEEE Symposium on Computer-based Medical Systems, New York.

Traina, C., Jr., Traina, A. J. M., Seeger, B., and Faloutsos, C. (2000). *Slim-trees: High performance metric trees minimizing overlap between nodes*. Paper presented at the International Conference on Extending Database Technology (EDBT), Konstanz, Germany.

Traina, C., Jr., Traina, A. J. M., Vieira, M. R., Arantes, A. S., and Faloutsos, C. (2006). *Efficient processing of complex similarity queries in RDBMS through query rewriting*. Paper presented at the ACM 15th International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 06), Arlington - VA, USA.

Treister, N. W. (1998). Physician acceptance of new medical Information Systems: The field of dreams. *Physician Executive*, 24(3), 20–25.

Trimmer, K., Beachboard, J., Wiggins, C., and Woodhouse, W. (2008). Electronic medical records use – An examination of resident physician

intentions. *Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii.

Truffer, C., Keehan, S., Smith, S., Cylus, J., Sisko, A., and Poisal, J. (2010). Health spending projections through 2019: The recession's impact continues. *Health Affairs*, 29(3), 522–529. doi:10.1377/hlthaff.2009.1074

Tsoukas, H. (1989). The validity of ideographic research explanations. *Academy of Management Review*, 14(4),551–561.

Tyczynski, J. E., and Berkel, H. J. (2005). Long-term all-sites cancer mortality time trends in Ohio, USA, 1970–2001: Differences by race, gender and age. *BMC Cancer*, 5.

U.S. Census Bureau. (1999). *U.S. Postal Service ZIP codes*.

U.S. Department of Health and Human Services. (2004). *The decade of health information technology: delivering consumer-centric and information-rich health care. A framework for strategic action*, accessed October 14, 2007, available at: http://www.hhs.gov.

Underhill, C., and McKeown, L. (2008, March). Getting a second opinion: Health information and the Internet. *Statistics Canada*, 19(1), 1-6.

US Department of Health and Human Services. (2007). *AHRQ - Guide to inpatient quality indicators*, ver. 3.1.

Usunier, J. C. Easterby-Smith, M., and Thorpe, R. (2000). *Introduction à la recherche en gestion* (2nd ed.). Paris, Economica.

Vafaie, H., and Jong, K. A. D. (1993). *Robust feature selection algorithms*. Paper presented at the Intl. Conf. On Tools with AI, Boston, MA.

Van de Venn, A., and Ferry, D. (1980). *Measuring and assessing organizations*. New York, NY: Wiley.

Van Der Meijden, M. J., Tange, H. J., Troost, J., and Hasman, A. (2003). Determinants of success of inpatient clinical information systems: A literature review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 10(3), 235–243. doi:10.1197/jamia.M1094

Van Slyke, C., Belanger, C. F., and Comunale, C. (2004). Factors influencing the adoption of web-based shopping: the impact of trust. *The Data Base for Advances in Information Systems*, 35(2), 32–49.

Vanbelle, S., and Albert, A. (2008). A note on the linearly weighted kappa coefficient for ordinal scales. *Statistical Methodology*, 6(2), 157–163. doi:10.1016/j.stamet.2008.06.001

Vanmeerbeek, M. (2004). Exploitation of electronic medical records data in primary health care. Resistance and solutions. Study in eight Wallon health care centres. *Studies in Health Technology and Informatics*, 110, 42–48.

Vannier, M. W., and Summers, R. M. (2003). Sharing Images. *Radiology*, 228, 23–25. doi:10.1148/radiol.2281021654

Varutbangkul, E., Raicu, D. S., and Furst, J. D. (2007). *A computer-aided diagnosis framework for pulmonary nodule interpretation in thoracic computed tomography*. DePaul CTI Research Symposium, DePaul University.

Vauclin, S., Doyeux, K., Hapdey, S., Edet-Sanson, A., Vera, P., and Gardin, I. (2009). Development of a generic thresholding algorithm for the delineation of 18FDG-PETpositive tissue: Application to the comparison of three thresholding models. *Physics in Medicine and Biology*, 54, 6901–6916. doi:10.1088/0031-9155/54/22/010

Venkatesh, V., and Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204. doi:10.1287/mnsc.46.2.186.11926

Venkatesh, V. (2006). Where do we go from here? Thoughts on future directions for research on individual-level technology adoption with a focus on decision-making. *Decision Sciences*, 37(4), 497–518. doi:10.1111/j.1540-5414.2006.00136.x

Venkatesh, V., and Brown, S. A. (2001). A longitudinal investigation of personal computers in homes: adoption determinants and emerging challenges. *Management Information Systems Quarterly*, 25(1), 71–102. doi:10.2307/ 3250959

Venkatesh, V., Davis, F. D., and Morris, M. G. (2007). Dead or alive? The development, trajectory, and future of technology adaptation research. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(4), 267–286.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D. (2003). User acceptance of Information Technology: Toward a unified view. *Management Information Systems Quarterly*, 27(3), 425–478.

Venkateswaran, J., Kahveci, T., Jermaine, C., and Lachwani, D. (2009). Reference-based indexing for metric spaces with costly distance measures. *The International Journal on Very Large Databases*, 17(5), 1231–1251. doi:10.1007/ s00778-007-0062-1

Vespa, T. G., Traina, A. J. M., & Traina, C. Jr. (2010). Efficient bulk-loading on dynamic metric access methods.[ISJ]. *Information Systems Journal*, 35(5), 557–569. doi:10.1016/j.is.2009.07.002

Vetter, G. (2009). Slouching toward open innovation: Free and open source software for electronic health information. *Washington University Journal of Law and Policy*, 30, 179.

Vieira, M. R., Traina, C., Jr., Chino, F. J. T., and Traina, A. J. M. (2010). DBM-Tree: A dynamic metric access method sensitive to local density data. *Journal of Information and Data Management - JIDM*, 1(1), 111-128.

Vieira, M. R., Traina, C., Jr., Traina, A. J. M., Arantes, A. S., and Faloutsos, C. (2007). *Estimating suitable query radii to boost k-nearest neighbor queries*. Paper presented at the 19th International Conference on Scientific and Statistical Database Management (SSDBM 2007), Banff, Canada.

Viel, J. F., Arveux, P., Baverel, J., and Cahn, J. Y. (2000). Soft-tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma clusters and a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels. *American Journal of Epidemiology*, 152, 13–19. doi:10.1093/aje/152.1.13

Wager, K., Lee, F. W., and White, A. w. (2002). *Life After a Disastrous Electronic Medical Record Implementation: One Clinic's Experience*. Hershey, PA: Idea Group Publishing.

Wager, K. A., Zoller, J. S., and Soper, D, E., Smith, J. B., Waller, J. L. & Clark, F. C. (2008). Assessing physician and nurse satisfaction with an ambulatory care EMR: One facility's approach. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, 3(1), 63–74. doi:10.4018/jhisi.2008010104

Wakefield, J. C., Kelsall, J. E., and Morris, S. E. (2000). Clustering, cluster detection, and spatial variation in risk. In Elliot, P., Wakefield, J. C., Best, N. G., & Briggs, D. J. (Eds.), *Spatial epidemiology: Methods and applications*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Wang, S. J., Middleton, B., Prosser, L. A., Bardon, C. G., Spurr, C. D., and Carchidi, P. J. (2003). A cost-benefit analysis of electronic medical records

in primary care. *The American Journal of Medicine*, 114(5), 397–403. doi:10.1016/S0002-9343(03)00057-3

Wang, W., and Benbasat, I. (2005). Trust in and adoption of online recommendation agents. *Journal of the Association for Information Systems*, 6(3), 72–101.

Wang, B., Wan, T., Burke, D., Bazzoli, G., and Lin, B. (2005). Factors influencing health Information System adoption in American hospitals. *Health Care Management Review*, 30, 44–51.

Wang, L., and Manjunath, B. (2003). A semantic representation for image retrieval. In: Image Processing, 2003. ICIP 2003. *Proceedings. 2003 International Conference on*, 3, II-523-6.

Wang, Z., Josephson, W., Lv, Q., Charikar, M., and Li, K. (2007). Filtering image spam with near-duplicate detection. *Proceedings of the Conference on Email and Anti-Spam*.

Ward, M. M., Diekema, D. J., Yankey, J. W., and Vaughn, T. E., BootsMiller, B. J., Pendergrast, J. F., et al. (2005). Implementation of strategies to prevent and control the emergence and spread of antimicrobial-resistant microorganisms in US hospitals. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 26(1), 21–31. doi:10.1086/502483

Weiner, B. J., Savitz, L. A., Schulamit, B., and Pucci, L. G. (2004). How do integrated delivery systems adopt and implement clinical information systems? *Health Care Management Review*, 29(1), 51–77.

Wenzel, F. J. (2005). Governance organizational models and issues. In Wenzel, F. J., and Wenzel, J. M. (Eds.), *Fundamentals of physician practice management* (pp. 43–58). Chicago, IL: Health Administration Press.

Westerveld, T. (2000). *Image retrieval: Content versus context, Content-Based Multimedia Information Access* (pp. 286–284). Paris: RIAO.

Westerveld, T., and van Zwol, R. (2007). The INEX 2006 Multimedia Track. *Comparative Evaluation of XML Information Retrieval Systems*, 2007, 331–344. doi:10.1007/978-3-540-73888-6_33

Westland, J. (2007). *Confirmatory analysis with partial least squares*. University of Science & Technology. White House. (2004). State of the union. Retrieved April 23, 2008, from http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2004

White House. (2005). *State of the union*. Retrieved April 23, 2008, from http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2005

White House. (2006). *State of the union*. Retrieved April 23, 2008, from http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2006

White House. (2007). *State of the union*. Retrieved April 23, 2008, from http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2007

White House. (2008). *State of the union*. Retrieved April 23, 2008, from http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2008

Whitten, P., and Love, B. (2005). Patient and provider satisfaction with the use of telemedicine: Overview and rationale for cautious enthusiasm. *Journal of Postgraduate Medicine*, 51(4), 294–300.

Whitten, P., Buis, L. and Mackert, M. (2007). Factors impacting providers' perceptions regarding a Midwestern university-based EMR. *Telemedicine and e-Health*, 13(4), 391-397.

WHO. (2008). *Public health mapping*. WHO.

Wichert, A. (2008). *Subspace indexing for extremely highdimensional CBIR*. Paper presented at the Intl. Workshop on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI 2008), London, England.

Wiemker, R., Bergtholdt, M., Dharaiya, E., Kabus, S., and Lee, M. C. (2009). *Agreement of CAD features with expert observer ratings for characterization of pulmonary nodules in CT using the LIDC-IDRI database*. Orlando, FL: SPIE.

Wiemker, R., Opfer, R., Bulow, T., Kabus, S., and Dharaiya, E. (2008). *Repeatability and noise robustness of spicularity features for computer aided characterization of pulmonary nodules in CT*. San Diego, CA: SPIE.

Wiggins, C., Hatzenbuehler, L. C., and Peterson, T. (2008). Hospital missions and the education of our future health care workforce. *Journal of Allied Health*, 37(3), 132–136.

Wiggins, C., Pumphrey, L., Beachboard, J., and Trimmer, K. (2006). Entrepreneurial governance in a rural family practice residency program. *Proceedings of the 39th Hawaii, International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Wiggins, C., Trimmer, K., Beachboard, J., Woodhouse, W., and Peterson, T. (2009). Prior experience and physicians'intentions to adopt EMR. *Proceedings of the 42nd Hawaii, International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Wikipedia. (2008). *Academic conference*. Retrieved October 1, 2008, from http://en.wikipedia.org/wiki/Academic_conference

Williams, T. L., May, C. R., and Esmail, A. (2001).Limitations of patient satisfaction studies in telehealthcare: A systematic review of the literature. *Telemedicine Journal and e-Health*, 7(4), 293–316. doi:10.1089/15305620152814700

Wilson, J. F. (2009). Making electronic health records meaningful. *Annals of Internal Medicine*, 151, 293–296.

Wilson, P. M. (2001). A policy analysis of the expert patient in the United Kingdom: Self-care as an expression of pastoral power? *Health & Social Care in the Community*, 9(3), 134–142. doi:10.1046/j.1365-2524.2001.00289.x

Wilson, E. V., and Lankton, N. K. (2004). Modeling patients' acceptance of provider-delivered e-health. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 11(4), 241–248. doi:10.1197/jamia.M1475

Witten, I. H., and Frank, E. (2005). *Data mining: Practical machine learning tools and techniques*. Morgan Kaufmann.

Wold, H. (1981). *The fix-point approach to interdependent systems: Review and current outlook* (pp. 1–35). Amsterdam, The Netherlands: North-Holland Publishers.

Wong, D. W. S., and Lee, J. (1999). *Statistical analysis of geographic information*. Hoboken, NJ: Wiley.

Wood, J., and Silver, D. (1995). *Joint application development* (2nd ed.). New York, NY: John Wiley & Sons.

Wu, J.-H., Wang, S.-C., and Lin, L.-M. (2005). What drives mobile healthcare? An empirical evaluation of technology acceptance. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Xin, D., Chen, C., and Han, J. (2006). *Towards robust indexing for ranked queries.* Paper presented at the Intl Conference on Very Large Data Bases (VLDB 06), Seoul, South Korea.

Xu, X. Q., Lee, D. J., Antani, S. K., and Long, L. R. (2008). A spine X-ray image retrieval system using partial shape matching. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 12(1), 100–108. doi:10.1109/TITB. 2007.904149

Xue, Z., Long, L. R., Antani, S., Jeronimo, J., and Thoma, G. R. (2008). A Web-accessible content-based cervicographic image retrieval system. *Proceedings of SPIE Medical Imaging*, 6919(7), 1–9.

Yin, R. K. (1994). *Case study research: Design and methods* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Yu, X., and Dong, J. (2010). Indexing high-dimensional data for main-memory similarity search. [ISJ]. *Information Systems Journal*, 35(7), 825–843. doi:10.1016/j.is.2010.05.001

Yu, W. (2004). Using GIS to profile healthcare costs of VA quality-enhancement research initiative diseases. *Journal of Medical Systems*, 28, 3. doi:10.1023/B:JOMS.0000032844.26308.95

Yusof, M. M., Paul, R. J., and Stergioulas, L. K. (2006). Towards a framework for health Information Systems evaluation. *Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on Systems Sciences*, Hawaii.

Zaidi, H., Mawlawi, O., and Orto, C. G. (2007). Simultaneous PET/MR will replace PET/CT as the molecular multimodality imaging platform of choice. *Medical Physics*, 34, 1525–1528. doi:10.1118/1.2732493

Zhang, R., Zhang, Z., Li, M., Ma, W.-Y., and Zhang, H.-J. (2005). A probabilistic semantic model for image annotation and multimodal image retrieval. *Proceedings of the Tenth IEEE International Conference on Computer Vision*, (pp. 846-851).

Zheng, B. (2009). Computer-aided diagnosis in mammography using content-based image retrieval approaches: Current status and future perspectives. *Algorithms*, 2(2),828–849. doi:10.3390/a2020828

Zinovev, D., Raicu, D., Furst, J., and Armato, S. G. III. (2009). Predicting radiological panel opinions using a panel of machine learning classifiers. *Algorithms*, 2(4), 1473–1502. doi:10.3390/a2041473

Zucker, L. G. (1986). Production of trust: Institutional sources of economic structure, 1840-1920. *Research in Organizational Behavior*, 8, 53–111.

الفهرس

ـ ب ـ

ـ ت ـ

- ج -

- خ -

- د -

- ر -

- ز -

- س -

ـ ش ـ

ـ ط ـ

ـ ع ـ

ـ غ ـ

ـ ف ـ

ـ ق ـ

ـ ك ـ

ـ ل ـ

ـ م ـ

ـ ن ـ

ـ هـ ـ

ـ و ـ

ـ ي ـ

تقانات جديدة لتطوير الرعاية الصحية والتطبيقات السريرية(*)



(*) الكتاب الأول من الطب والصحة

سلسلة كتب التقنيات الإستراتيجية والمتقدمة

1. المياه
2. البترول والغاز
3. البتروكيمياء
4. النانو
5. التقنية الحيوية
6. تقنية المعلومات
7. الإلكترونيات والاتصالات والضوئيات
8. الفضاء والطيران
9. الطاقة
10. المواد المتقدمة
11. البيئة
12. الرياضيات والفيزياء
13. الطب والصحة
14. الزراعة
15. البناء والتشييد

السلسلة: تضم هذه السلسلة ترجمة لأحدث الكتب عن التقنيات التي يحتاج إليها الوطن العربي في البحث والتطوير ونقل المعرفة إلى القارئ العربي.

الكتاب: مع إمعان ترسّخ التقانة أكثر في تجربة الرعاية الصحية الحديثة، فقد أضحى ضرورياً، أكثر من أي وقت مضى، فهم الأثر المتولِّد عن تطبيق كلّ تقانة جديدة، فضلاً عن القضايا المتعلقة بالتجربة الطبية الحالية.

يسرد **تقانات جديدة لتطوير الرعاية الصحية والتطبيقات السريرية** آخر التطورات التي تشكِّل مستقبل الطب. يقدِّم هذا الكتاب الابتكارات التقنية الراهنة وتطبيقات نظم المعلومات والمعلوماتية في قطاع الرعاية الصحية ويستكشفها، مع توجيه الأطر للنهوض بالرعاية الصحية والممارسات السريرية والأبحاث. سيجد الممارسون والمربّون والباحثون مجموعةً عالمية من دراسات الحالة، والاستقصاءات المسحيّة، والأبحاث التجريبية باستعمال مقاربات كيفية.

المؤلف: ● **جوزيف تان:** أستاذ ورئيس قسم أنظمة المعلومات والتصنيع بجامعة وين. كان يعمل أستاذاً مساعداً في قسم الصحة العامة بجامعة كولومبيا البريطانية. له العديد من المؤلفات والبحوث منها:

Healthcare Information Systems and Informatics: Research and Practices (2008), *Mobile Health Solutions for Biomedical Applications* (2009).

المترجم: ● **د. يمن الأتاسي:** باحثةٌ في الكيمياء وعلوم الموادّ المتقدمة، وأستاذة الكيمياء في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا في دمشق.

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية KACST

المنظمة العربية للترجمة

الثمن: 38 دولاراً أو ما يعادلها

ISBN 978-614-434-009-7

9 786144 340097